

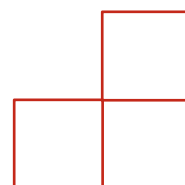
Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-25

**“Relación entre el torque de inserción y el
ISQ, de 600 implantes colocados en hueso
blando con distintas técnicas quirúrgicas.”
ESTUDIO IN VITRO**

Presentado por: [Clarisse Brunel](#)
Tutor: Prof. D^a. [Celia Carrillo Garcia](#)



AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar un agradecimiento inmenso a aquellos que me apoyaron en este trabajo de fin de grado, un estudio experimental que me ha hecho crecer en la línea de investigación que elegí y que, a la vez, me ha enriquecido en conocimientos.

Primero, agradezco a mi tutora, Celia Carrillo García, por su ayuda, paciencia y por estar presente en cada uno de los momentos que tuve que afrontar durante el proceso. Su colaboración y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

También doy las gracias a la clínica de la Universidad Europea de Valencia, por darme oportunidad a los recursos y por darme el espacio que necesitaba para ejecutar los experimentos. Sin su ayuda material, este proyecto no sería posible.

Mis más sinceros agradecimientos a los participantes en este estudio, que por su conducta colaboradora han hecho posible el estudio experimental. Sin su participación, el objetivo no se habría logrado.

A mis compañeros y profesores de la Universidad Europea de Valencia por el apoyo que brindan, por siempre tener nuevas ideas y por la motivación durante todo este tiempo. Su apoyo y compañía se ha vuelto de gran ayuda en los momentos más difíciles.

Por último, agradezco a mi familia por su amor incondicional y su comprensión durante estos tiempos intensos de trabajo.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	4
3. PALABRAS CLAVES	6
4. ABREVIATURAS / ABBREVIATIONS	8
5. INTRODUCCIÓN	10
5.1 Implantes dentales	10
5.2 La estabilidad del implante	10
5.3 Métodos de medición de la estabilidad primaria	12
5.4 Técnicas quirúrgicas	14
5.5 Densidad y calidad de los huesos maxilares	15
5.6 Diseño macroscópico del implante	16
6. JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS.....	19
6.1 Justificación objetivos de desarrollo sostenible	19
6.2 Justificación	20
6.3 Hipótesis.....	21
7. OBJETIVOS	23
7.1 Objetivo principal	23
7.2 Objetivos secundarios	23
8. MATERIALES Y METODOS	25
8.1 Materiales	25
8.1.1 Diseño del estudio.....	25
8.1.2 Selección de la muestra	25
8.2 Métodos	35
8.2.1 Descripción del procedimiento	35
8.2.2 Recogida de datos	38
8.2.3 Análisis estadístico de los datos	38
9. RESULTADOS.....	41
9.1 Estudio de la correlación entre el índice de estabilidad y el torque de inserción	41
9.2 Estudio de la influencia del tipo de implante y la técnica de colocación en los valores del ISQ	43
9.2.1 Estudio comparativo de la estabilidad del implante en función de la técnica de colocación empleada.....	43
9.2.2 Estudio comparativo de la estabilidad del implante en función del tipo de implante empleado	45
10. DISCUSIÓN	50

10.1	Correlación entre el torque de inserción vertical y el cociente de estabilidad primaria (ISQ) del implante.....	50
10.2	Estabilidad primaria de los implantes en función de la técnica quirúrgica empleada.....	53
10.3	Estabilidad primaria de los implantes en función del macrodiseño de los implantes.....	55
10.4	Limitaciones del estudio y con que podría mejorarse	59
10.4.1	Limitaciones del estudio.....	59
10.4.2	Áreas de mejora	60
10.4.3	Resumen	61
11.	CONCLUSIÓN	63
12.	BIBLIOGRAFÍA	65
13.	ANEXOS	70

1. RESUMEN

Introducción: La estabilidad primaria tiene un papel muy importante en el éxito de los implantes ya que está influenciada por las características del hueso, las técnicas quirúrgicas y el diseño del implante. El objetivo de este estudio fue determinar la correlación entre el índice de estabilidad del implante (ISQ) y el torque de inserción (ITV) en implantes dentales.

Materiales y métodos: Se ha realizado un experimento *in vitro*, transversal y analítico. Para el estudio, se utilizaron bloques de poliuretano simulando hueso de tipo IV en los que se colocaron implantes dentales de 5 casas comerciales diferentes. Se realizaron 600 osteotomías, repartidas en tres grupos de 200 muestras cada uno. Los 3 grupos se correspondían con tres técnicas quirúrgicas diferentes: infrafresado, osteótomos, y oseodensificación. Se distribuyó de manera equitativa en cada grupo, la colocación de implantes de las cinco marcas. Se midió el ISQ y el ITV.

Resultados: Se obtuvo una relación inversa entre el ITV y el ISQ lo que significa que cuanto mayor fue el torque de inserción, menor fue el ISQ. Esta relación entre las 2 variables fue débil. Además, no se encontraron evidencias estadísticas que evidencian que los valores de ISQ de los tres grupos de técnicas quirúrgicas fueron significativamente distintos. En cuanto al análisis del macrodiseño de los implantes se encontró que los implantes con diseño cónico, y espiras con profundidades variables tenían un ISQ significativamente mayor que los que eran con diseño híbrido y espiras con profundidades constantes.

Conclusiones: La correlación entre el ITV y el ISQ es inversa pero la relación es débil. Se observaron altos torques de inserción en los bloques de hueso blando; que se podría explicar por una compresión alta del material que hizo disminuir los valores de ISQ.

La técnica de colocación quirúrgica no tiene impacto significativo sobre la estabilidad primaria sin embargo el tipo de macrodiseño del implante tiene una influencia significativa sobre ella.

2. ABSTRACT

Introduction: Primary stability plays a very important role in implant success as it is influenced by bone characteristics, surgical techniques and implant design. The aim of this study was to determine the correlation between implant stability quotient (ISQ) and insertion torque (ITV) in dental implants.

Materials and methods: An in vitro, cross-sectional, analytical experiment was performed. For the study, polyurethane blocks simulating type IV bone were used, in which dental implants from 5 different commercial companies were placed. 600 osteotomies were performed, divided into three groups of 200 samples each. The 3 groups corresponded to three different surgical techniques: underdrilling, osteotomes, and osseodensification. Implants of the five brands were equally distributed in each group. ISQ and ITV were measured.

Results: An inverse relationship was obtained between IT and ISQ, meaning that the higher the insertion torque, the lower the ISQ. This relationship between the 2 variables was weak. Furthermore, there was no statistical evidence that the ISQ values of the three groups of surgical techniques were significantly different. Regarding the analysis of the macro-design of the implants, it was found that implants with conical design, and coils with variable depths had a significantly higher ISQ than those with hybrid design and coils with constant depths.

Conclusions: The correlation between IT and ISQ is inverse, but the relationship is weak. High insertion torques were observed in the soft bone blocks, which could be explained by a high compression of the material which decreased the ISQ values. The surgical placement technique has no significant impact on primary stability, but the type of implant macro-design has a significant influence on it.

3. PALABRAS CLAVES

- 1- Implantes dentales / Dental implants
- 2- Torque de inserción / Insertion torque
- 3- Osstell
- 4- ISQ
- 5- Oseodensificación / Osseodensification
- 6- Osteótomos / Osteotomes
- 7- Infracresado / Underdrilling
- 8- Densidad ósea / Bone density
- 9- Macrodiseño / Macrodesign

4. ABREVIATURAS / ABBREVIATIONS

ITV: Índice de torque vertical

ISQ: Implant Stability Quotient, Índice de Estabilidad Implantaría

Ncm: Newton-centímetros

PCF: Pounds per cubic foot

RPM: Revoluciones por minuto

5. INTRODUCCIÓN

5.1 Implantes dentales

Los implantes dentales son dispositivos médicos diseñados para reemplazar raíces de dientes perdidos, ofreciendo una solución duradera y funcional para la restauración de la sonrisa. Su desarrollo ha revolucionado la odontología y la calidad de vida oral de los pacientes, ya que permiten una integración más natural en la boca y ofrecen una estabilidad superior en comparación con prótesis convencionales que suelen generar incomodidad en los pacientes.

El proceso de colocación de un implante implica insertar mediante un acto quirúrgico, un tornillo de titanio en el hueso maxilar o mandibular, el cual actúa como raíz artificial.

Con el tiempo, este tornillo se fusiona con el hueso en un proceso llamado osteointegración, proporcionando una base sólida para la colocación de coronas, puentes o dentaduras.

Desde su introducción, los implantes han evolucionado en términos de materiales, técnicas quirúrgicas y tecnologías de imagen, lo que ha mejorado significativamente los resultados y la satisfacción del paciente. Actualmente, son considerados el estándar de oro para la rehabilitación dental, ya que no solo restauran la función masticatoria, sino que también contribuyen a la estética y salud oral en general (1–3).

5.2 La estabilidad del implante

La estabilidad primaria de los implantes dentales es fundamental para el éxito del tratamiento y se refiere a la capacidad del implante para permanecer fijo y resistir a fuerzas mecánicas inmediatamente después de su colocación,

antes de que ocurra el proceso de osteointegración, donde se fusiona el implante con el hueso circundante, creando una base estable para la prótesis.

La estabilidad primaria es crucial para limitar el micro movimiento en la interfaz implante-hueso, ya que un movimiento excesivo puede comprometer la osteointegración y favorecer la formación de un tejido fibroso en lugar de hueso y así llevar al fracaso del tratamiento. Una alta estabilidad primaria puede permitir hacer carga inmediata y temprana. Permite colocar una prótesis provisional sobre el implante en el momento de su colocación.

Sin embargo, esta estabilidad se determina por tres factores principales:

1. Factores óseos: como el volumen y la densidad del hueso.
2. Factores clínicos: que incluyen la técnica de preparación del lecho óseo y la existencia de defectos en el hueso alveolar.
3. Factores de diseño del implante: que abarcan dimensiones, superficie y diseño macroscópico del implante (4,5).

Branemark (6) introdujo el concepto de osteointegración que es un proceso biológico en el que el implante se une de manera directa y estable en el hueso vivo. Este fenómeno es fundamental para lograr una buena fijación del implante en el maxilar. La osteointegración suele ocurrir entre 3 a 6 meses, dependiendo sobre todo de la calidad del hueso, la localización del implante y también de los biomateriales. Es un concepto clave para el éxito a largo plazo de los implantes para poder colocar la restauración protésica de manera segura.

El implante dental está diseñado para ser biocompatible, y suele tener en su superficie un tratamiento especial que permite favorecer la interacción con el hueso.

En la fase inicial, se inicia la cicatrización. Se forma un hematoma alrededor del implante (un coagulo), y se inicia la absorción de proteínas que se llaman fibrina. La fibrina crea una matriz 3D que forma una red de comunicación hacia la superficie del implante. Se produce un proceso inflamatorio que permite iniciar la regeneración ósea. Este concepto suele durar entre 0 a 2 semanas.

Luego, a las dos semanas hasta la cuarta semana de la colocación del implante, gracias a los osteoblastos se genera una matriz ósea alrededor del implante. El hueso nuevo que se forma empieza a mineralizarse y se establece un contacto directo con el implante. Durante varios meses, ocurre la remodelación ósea y el implante logra una buena osteointegración en el hueso. Una vez está bien anclado en el hueso, es el momento donde se puede empezar la rehabilitación protésica (6–8).

Concluyendo, la estabilidad primaria alcanza su punto máximo en el momento en el que se coloca el implante, y va disminuyendo progresivamente con el tiempo. En contraste, la estabilidad secundaria es inicialmente baja, pero aumenta gradualmente a medida que avanza el proceso de osteointegración.

5.3 Métodos de medición de la estabilidad primaria

Existen varios métodos para evaluar la estabilidad inicial de los implantes, algunos de los cuales dependen de la percepción clínica del cirujano.

Por ejemplo, la percepción táctil de la resistencia del hueso durante la preparación del lecho implantario puede proporcionar una indicación de la densidad ósea.

La prueba de percusión, que consiste en golpear el mango de un espejo contra el implante, también puede dar pistas sobre su estabilidad, aunque ambos métodos ofrecen información cualitativa limitada (9).

Existen pruebas que proporcionan datos cuantitativos; sin embargo, algunas son invasivas y podrían requerir la extracción del implante, como el test de torque inverso. Otras pruebas, como el Periotest, el ITV (Índice de Torque Vertical) y el ISQ (Índice de Estabilidad Implantaria), son aplicables en un contexto clínico.

El Periotest, que se diseñó originalmente para evaluar la movilidad dental, se ha adaptado para su uso en implantes, aunque su rango de medición es menos sensible que el de los dientes naturales, funciona mediante un principio de medición de la amortiguación, analizando las características de vibración del diente o implante al aplicar un golpe controlado (9).

El ITV, se refiere a la resistencia que el hueso opone al avance del implante en el lecho óseo, medida en Newton-centímetros (Ncm). Se determina al aplicar un torque específico al implante mientras se inserta en el hueso. La cantidad de torque necesaria para colocar el implante proporciona información sobre la densidad del hueso y la estabilidad primaria del implante. Un valor de ITV adecuado (generalmente entre 32 y 35 Ncm) es indicativo de una buena estabilidad, lo que permite la carga inmediata del implante. Este método es útil porque no requiere instrumentos especializados y puede ser realizado con herramientas comunes utilizadas durante la colocación del implante. Sin embargo, una de las limitaciones del ITV es que no permite evaluar la estabilidad del implante a lo largo del tiempo, ya que solo proporciona información en el momento de la inserción (9-10).

En contraste, el ISQ mide la frecuencia de resonancia del implante, y se ha sugerido que un valor entre 60 y 65 permitiría la carga inmediata. Se basa en el principio de que la vibración del implante en el hueso se puede medir y correlacionar con su estabilidad. El proceso consiste en colocar un pequeño dispositivo, a menudo un tornillo de fijación, en la parte del implante expuesta. Luego, se aplica un pulso magnético que induce vibraciones en el implante. La frecuencia de estas vibraciones se mide y se traduce en un valor ISQ, que puede oscilar entre 1 y 100. Un valor más alto indica una mayor estabilidad del implante. El ISQ es particularmente valioso porque proporciona información sobre la integración del implante con el hueso circundante a lo largo del tiempo, permitiendo a los odontólogos tomar decisiones informadas sobre la carga del implante. Además, a diferencia del ITV, el ISQ permite monitorear la estabilidad del implante en diferentes etapas del tratamiento (9–11).

5.4 Técnicas quirúrgicas

Se han propuesto varios protocolos quirúrgicos para aumentar la estabilidad primaria de los implantes.

La preparación del sitio del implante puede realizarse utilizando la técnica convencional con fresas cilíndricas o cónicas, que son capaces de cortar y extraer tejido óseo para facilitar la posterior colocación del implante. Este protocolo de perforación convencional se clasifica como una técnica sustractiva (12).

La técnica quirúrgica del infrafresado es una modificación de la técnica de preparación convencional. El protocolo de infra-fresado, consiste en preparar el lecho implantario con la misma secuencia de fresas que en la técnica sustractiva, pero a diferencia de esa última, se utiliza la fresa cuyo diámetro es inferior al del implante. Se omite el uso de la fresa cuyo diámetro coincide con el del implante. Esta reducción en la dimensión de la osteotomía genera una mayor fricción entre las paredes del implante y del hueso, lo que contribuye a una estabilidad primaria más elevada (13).

La técnica de osteótomos desarrollada por Summers se basa en el uso de osteótomos, que son instrumentos diseñados para cortar y esculpir hueso, permitiendo crear un lecho óseo denso sin la necesidad de perforar de manera convencional (14). Esa técnica se suele utilizar especialmente en maxilar superior ya es un hueso de baja densidad (15).

Recientemente, Huwais y Meyer (14) introdujeron la técnica de oseodensificación, que incrementa la densidad ósea mediante un efecto de perforación en sentido antihorario. Esta técnica utiliza fresas Densah, que combinan las ventajas de los osteótomos al condensar el hueso y permitir un control táctil durante la perforación. Estas fresas están diseñadas para cortar en sentido inverso y compactar el tejido óseo en dirección centrífuga al rotar en sentido antihorario, lo que compacta el hueso a lo largo de la pared del lecho del implante. El control táctil con un movimiento de rebote durante la perforación

permite avanzar a la profundidad deseada, ajustando la duración y la cantidad de episodios de rebote según la dureza del hueso. Se ha propuesto que esa técnica mejora la estabilidad primaria del implante ya que genera fragmentos óseos residuales (autoinjertos), que se compactan y permiten incrementar el contacto entre el hueso y el implante. Los osteoblastos que se forman en el hueso instrumentado favorecen una regeneración ósea más rápida lo que puede sugerir una reducción en el tiempo de cicatrización. Por estas propiedades, este tipo de fresado en sentido antihorario resulta muy útil para aumentar la densidad del hueso que la tiene baja (9,16–18).

5.5 Densidad y calidad de los huesos maxilares

Es crucial evaluar el tejido óseo de los maxilares antes de insertar los implantes, ya que esto permite determinar tanto su cantidad como su calidad. Estas características están determinadas por la densidad ósea, que varía según las diferentes zonas anatómicas de los maxilares. Esta variabilidad en la densidad influirá directamente en el protocolo quirúrgico a seguir.

Según Leckholm y Zarb, la cavidad oral contiene diferentes tipos de hueso clasificados según su calidad que suelen influir la estabilidad primaria del implante:

Tipo I – hueso compacto casi exclusivamente homogéneo; (Fig. 1)

Tipo II – hueso compacto amplio que rodea hueso esponjoso denso; (Fig. 1)

Tipo III – corteza delgada que rodea hueso esponjoso denso; (Fig. 1)

Tipo IV– corteza delgada que rodea hueso esponjoso escaso; (Fig. 1)

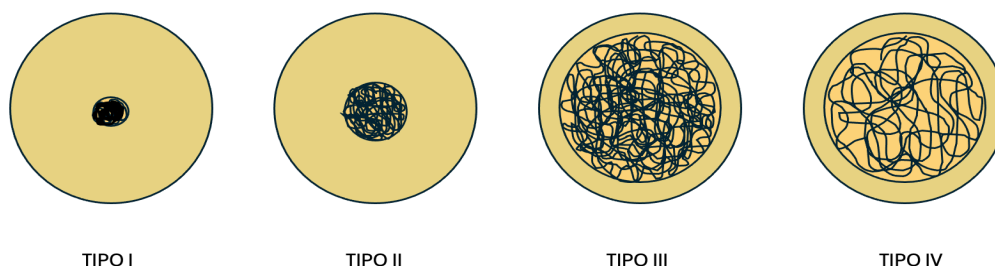


FIGURA 1: Clasificación de la densidad ósea según Leckholm y Zarb. Fuente: elaboración propia

Investigaciones científicas recientes han mostrado tasas de fracaso de implantes para los diferentes tipos de hueso:

-3.38% (Tipo I)

-3.13% (Tipo II)

-4.27% (Tipo III) y

-8.06% (Tipo IV)

Se indica que el hueso de Tipo IV presenta la tasa de fracaso más alta (9,19).

El hueso tipo I se encuentra generalmente en la zona anterior de la mandíbula, mientras que los tipos II y III predominan en la zona posterior de la mandíbula y en la zona anterior del maxilar. Por último, el hueso tipo IV se localiza en la zona posterior del maxilar y en la tuberosidad (20,21).

5.6 Diseño macroscópico del implante

El diseño macroscópico del implante, incluyendo el diseño del módulo de cresta, el tipo de rosca y el ángulo del cuerpo del implante, juega un papel crucial en la estabilidad primaria del implante (22).

Idealmente, implantes dentales de mayor longitud y de mayor diámetro permiten lograr una mejor estabilidad primaria. Pero, las características anatómicas de los pacientes, como por ejemplo la proximidad del seno maxilar, o del nervio alveolar inferior, la pérdida ósea por un largo periodo sin dientes, pueden limitar la posibilidad de utilizar implantes de tamaño óptimo (1).

Las características de las roscas del implante, como su profundidad, forma y angulación tienen un impacto sobre la estabilidad inicial. En los huesos de baja densidad, los implantes con roscas profundas, y perfiles cónicos demostraron mejores resultados de estabilidad (23).

Los implantes con diseño cilíndrico y cónico, llamados híbridos combinan características que les permiten tanto una buena estabilidad primaria como secundaria. Se evidencia esa característica sobre todo en huesos blandos, donde se comparó los implantes con diseño cilíndrico puro a los de diseño híbrido (24).

6. JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS

6.1 Justificación objetivos de desarrollo sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamado global a la acción para afrontar los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo, buscando un equilibrio entre el progreso económico, la inclusión social y la preservación del medio ambiente, con el fin de garantizar un futuro mejor para las generaciones actuales y futuras. La presente investigación se vincula con estos objetivos en diversos aspectos, ya que contribuye al avance de la salud, la innovación y la sostenibilidad en la práctica de la implantología dental.

ODS 3 (Salud y bienestar): Mejora en la estabilidad primaria de los implantes en huesos de tipo IV, contribuyendo a una mayor tasa de éxito y mejorando la calidad de vida de los pacientes.

ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico): Generación de nuevas oportunidades laborales en el sector dental mediante la implementación de técnicas y diseños avanzados.

ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura): Fomento de la innovación en técnicas quirúrgicas y diseños de implantes, lo que transforma la industria dental, haciendo los procedimientos más eficientes y menos propensos a fallos.

ODS 12 (Producción y consumo responsables): Uso más eficiente de los materiales en la fabricación de implantes dentales, reduciendo el desperdicio y promoviendo la sostenibilidad en la producción.

Este estudio no solo tiene un impacto directo en la mejora de la salud dental y en la innovación de los tratamientos, sino que también puede contribuir al desarrollo de una industria más sostenible, y responsable.

6.2 Justificación

Actualmente, la tasa de éxito en implantología es muy elevada. Sin embargo, existen diversas técnicas quirúrgicas para la colocación de implantes que influyen en la estabilidad primaria, lo cual es fundamental para lograr una adecuada osteointegración. Además, el hueso tipo IV es de baja densidad y tiene una estructura esponjosa, lo que lo hace más difícil para colocar implantes dentales. Esto se debe a que ofrece menos soporte y estabilidad. Conseguir estabilidad primaria en este tipo de hueso es complicado, ya que el implante puede moverse más fácilmente.

En la literatura hay muchos estudios que abarcan la influencia del diseño macroscópico y microscópico del implante en la estabilidad primaria (25–27), varios estudios que comparan la estabilidad primaria conseguida con 2 técnicas quirúrgicas como por ejemplo la técnica convencional frente a la técnica del osteótomo (28,29), o la del infra-fresado frente a la nueva técnica de la oseodensificación (13,15,29–33), pero ninguno relaciona las tres técnicas quirúrgicas juntas (convencional, con osteotomía, con oseodensificación).

Por esta razón, se decidió llevar a cabo un estudio experimental en el que se recolectaron variables como el ISQ y el ITV para evaluar la estabilidad primaria de los implantes colocados utilizando diferentes técnicas quirúrgicas en hueso tipo IV según la clasificación de Leckholm y Zarb.

El objetivo de este estudio es determinar la correlación entre el Índice de Estabilidad del Implante (ISQ) y el torque de inserción en implantes dentales. Específicamente, se busca evaluar si los casos que presentan un alto torque de inserción también muestran un elevado ISQ. Además, se relacionará el ISQ con diferentes técnicas de colocación de implantes y los tipos de implantes utilizados, con el fin de identificar prácticas que optimicen la estabilidad primaria en distintos tipos de hueso.

6.3 Hipótesis

Se quiso estudiar si existe correlación entre los valores del ISQ y los del torque de inserción, por lo que se obtuvo el siguiente contraste de hipótesis:

- **Hipótesis General Nula (H_0):** No existe correlación entre los valores del ISQ y los del torque de inserción.
- **Hipótesis General Alternativa (H_1):** Existen correlación entre los valores del ISQ y los del torque de inserción.

También, se quiso estudiar si los valores del ISQ dependen del tipo de técnica empleada y del tipo de implante empleado, es decir si existió diferencias en los valores del ISQ en función de las técnicas quirúrgicas de colocación consideradas y el macrodiseño del implante, de manera que se obtuvo los siguientes contrastes de hipótesis.

- **Hipótesis Especifica 1 Nula (H_0):** No existe diferencias significativas en los valores del ISQ en función de la técnica quirúrgica empleada.
- **Hipótesis Especifica 1 Alternativa (H_1):** Existen diferencias significativas en los valores del ISQ en función de la técnica quirúrgica empleada.
- **Hipótesis Especifica 2 Nula (H_0):** No existe diferencias significativas en los valores del ISQ en función del macrodiseño del implante.
- **Hipótesis Especifica 2 Alternativa (H_1):** Existen diferencias significativas en los valores del ISQ en función del macrodiseño del implante.

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo principal

- 1) Valorar si existe relación entre el ISQ y el torque de inserción de los implantes en un hueso de tipo IV.

7.2 Objetivos secundarios

- 1) Relacionar la estabilidad primaria en un hueso de tipo IV con la técnica quirúrgica empleada.
- 2) Vincular la estabilidad primaria en un hueso de tipo IV con el diseño macroscópico del implante.

8. MATERIALES Y METODOS

8.1 Materiales

8.1.1 Diseño del estudio

El estudio se diseñó como un experimento de tipo *in vitro*, transversal y analítico, siguiendo las pautas de la guía ARRIVE y CONSORT adaptadas para estudios *in vitro* (Anexo I) (34–36).

La investigación se realizó en la Clínica Universitaria Odontológica de la Universidad Europea de Valencia, durante el período comprendido entre septiembre de 2024 y noviembre de 2024.

- Conflicto de intereses y comité de ética

El material implantológico utilizado en este estudio ha sido suministrado por las casas comerciales de implantes Ziacom®, Biotech Dental®, Phibo, Straumann, y Lyra ETK iBone.

El operador no recibió ninguna compensación económica por su participación. Este estudio experimental ha sido aprobado por el comité de ética de la Universidad Europea de Valencia el 5 de noviembre de 2024 con código interno CI: 2024-924 (Anexo II).

8.1.2 Selección de la muestra

8.1.2.1 Participante en el estudio

Todos los implantes fueron colocados por el mismo operador, un cirujano con experiencia de más de 10 años.

8.1.2.2 Elección de modelos para la colocación de implantes

Los bloques de poliuretano fueron suministrados por la empresa SawBones, que fabricó bloques con las siguientes características:

- Hueso de tipo IV con una capa cortical de 1 mm y una porción esponjosa de 40mm. El bloque es rectangular 120mmx170mm con un espesor de 41mm.

8.1.2.3 Criterios de inclusión y exclusión

La selección de la muestra para el estudio se basó en el cumplimiento de los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión

Implante de 10mm de longitud

Implante con diámetro que varía entre 4mm a 4,3mm

Bloque de poliuretano de baja densidad (hueso tipo IV)

8.1.2.4 Tamaño muestral

El estudio se llevó a cabo con un total de 600 osteotomías, distribuidas en tres grupos de 200 cada uno. En cada grupo se colocaron los implantes de las 5 casas comerciales de manera equitativa (40 implantes por grupo por casa comercial):

- Grupo 1: osteotomía con técnica de infrafresado
- Grupo 2: osteotomía con técnica de osteótomos
- Grupo 3: osteotomía con técnica de oseodensificación

8.1.2.5 Materiales empleados

A continuación, se describe el diseño macroscópico de cada implante (Tabla 1).

TABLA 1: Tabla de las características macroscópicas de los implantes

	BIOTECH KONTACT	PHIBO AUREA EVO RP	ZIACOM GALAXY 4	STRAUMANN BLT	ETK LYRA iBONE
Diámetro	4,2mm	4,3mm	4mm	4,1mm	4,3mm
Longitud	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm
Forma del implante	Hibrido	Cónico puro	Cónico puro	Cónico puro	Cónico puro
Profundidad de la espira	0,40mm (variable más profunda en tercio apical)	0,35mm	0,50mm	0,30mm	0,40mm
Distancia entre espiras	0,60mm	0,80mm	0,90mm	0,80mm	0,70mm
Angulo de las espiras	4°	8°	5°	20°	6°
Variación en la profundidad de la rosca	Variación constante	Variación variable	Variación variable	Variación constante	Variación variable
Diseño del ápice y ángulo apical	Autorroscante, con espiras afiladas	Autorroscante, con ápice afilado	Autorroscante, con punta afilada	Autorroscante, con ápice afilado	Autorroscante, con un diseño cónico y extremo redondeado
Diseño del cuello	Microespiras cuadradas y plataforma modificada	Microespiras de 2.0 mm / 1.8 mm. Plataforma modificada.	Microespiras plataforma modificada	Plataforma modificada, sin microespiras.	Cuello mecanizado con plataforma modificada

Seguidamente, aparece las imágenes de los implantes que se usaron en este estudio (Fig. 2-6).

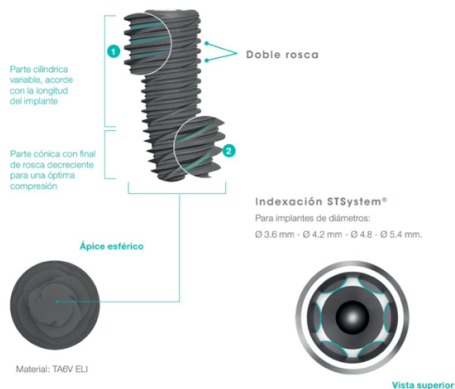


FIGURA 2: Características macroscópicas del implante Biotech Kontakt (37)

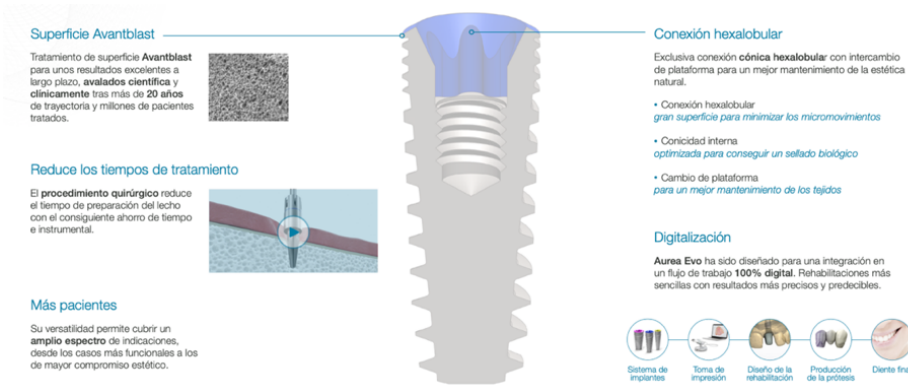


FIGURA 3: Características macroscópicas del implante Phibo Aurea Evo (38)

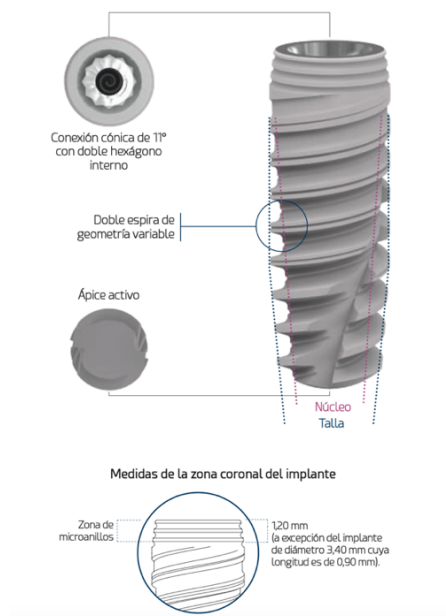


FIGURA 4: Características macroscópicas del implante Ziocom Galaxy (39)

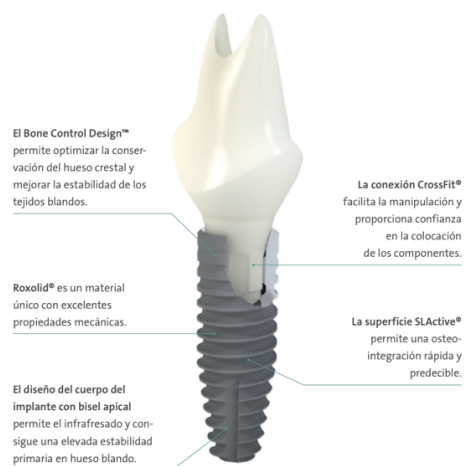


FIGURA 5: Características macroscópicas del implante Straumann BLT (40)

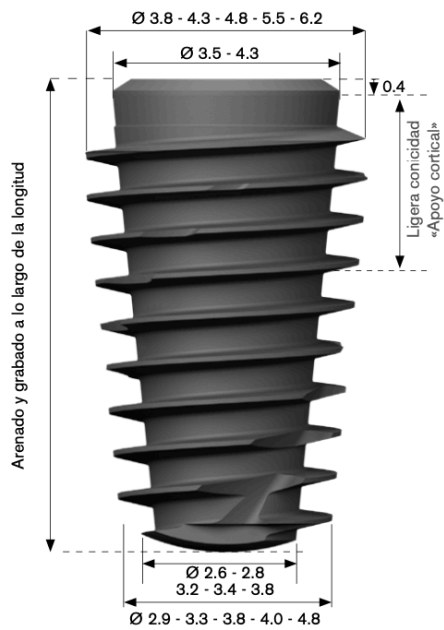


FIGURA 6: Características macroscópicas del implante ETK Lyra (41)

- Bloques de poliuretano de densidad tipo IV (Sawbones®, Pacific Research Laboratories, Vashon, Wash) (Fig. 7) que simulan el hueso humano de tipo IV.

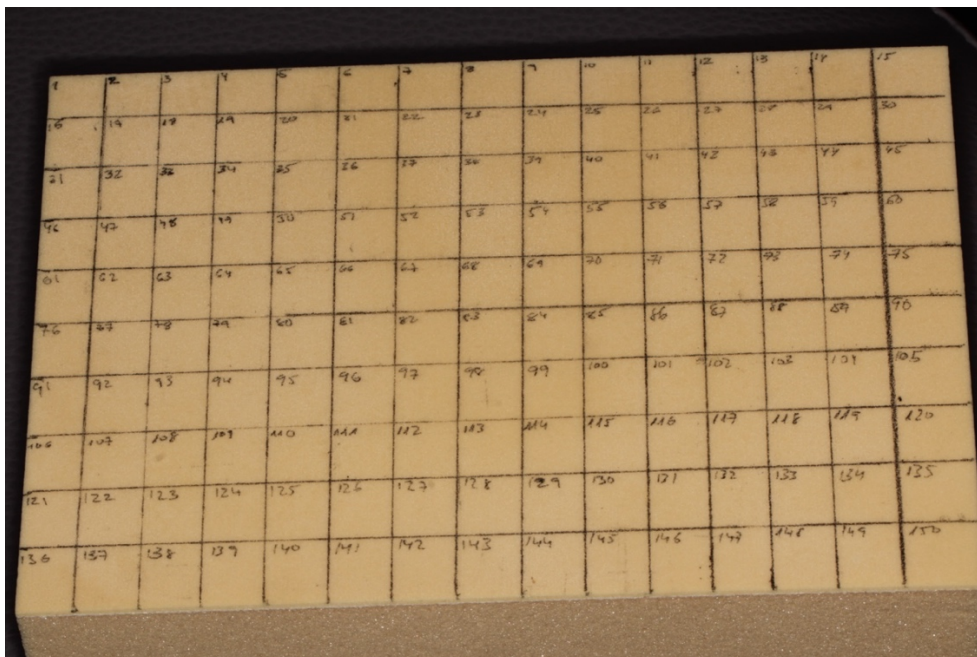


FIGURA 7: Bloques de poliuretano, utilizados para el estudio.

- Caja quirúrgica Kontakt propia de la casa comercial Biotech Dental para la realización de la preparación por infrafresado (Fig. 8).



FIGURA 8: Caja quirúrgica Kontakt Biotech Dental, utilizada para el estudio (37)

- Caja quirúrgica Aurea Evo propia de la casa comercial Phibo para la realización de la preparación por infrafresado (Fig. 9).

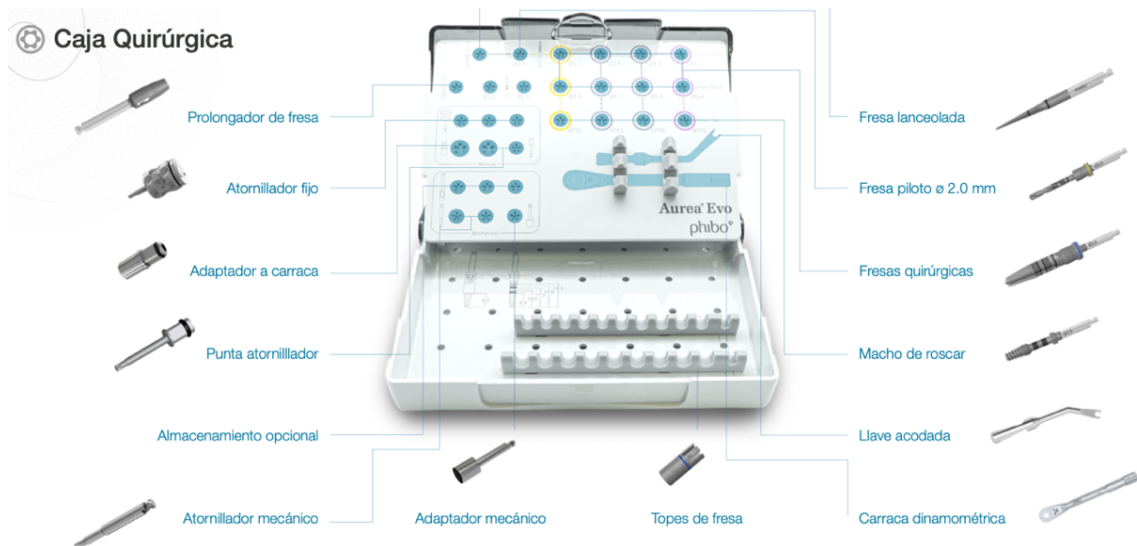


FIGURA 9: Caja quirúrgica Aurea Evo Phibo, utilizada para el estudio (38)

- Caja quirúrgica Galaxy propia de la casa comercial Ziacom para la realización de la preparación por infrafresado (Fig. 10).

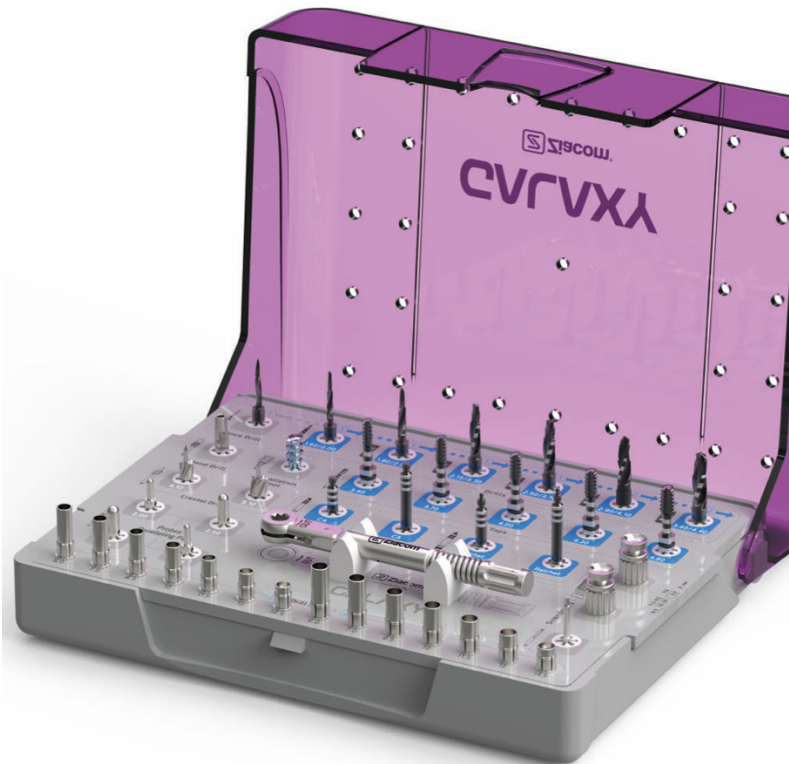


FIGURA 10: Caja quirúrgica Galaxy Ziacom utilizada para el estudio (39)

- Caja quirúrgica Straumann propia de la casa comercial Straumann para la realización de la preparación por infrafresado (Fig. 11).

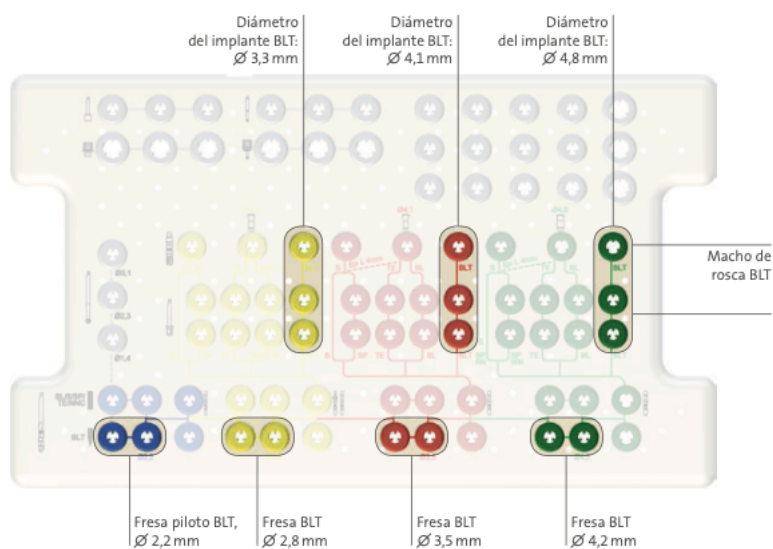


FIGURA 11: Caja quirúrgica Straumann utilizada para el estudio (40)

- Caja quirúrgica ETK propia de la casa comercial Lyra ETK para la realización de la preparación por infrafresado (Fig. 12).



FIGURA 12: Caja quirúrgica ETK Lyra utilizada para el estudio (41)

- Instrumental para la realización de la preparación por oseodensificación: fresas de oseodensificación (Densah® Burs; Versah, MI, EE. UU.), (Fig. 13).

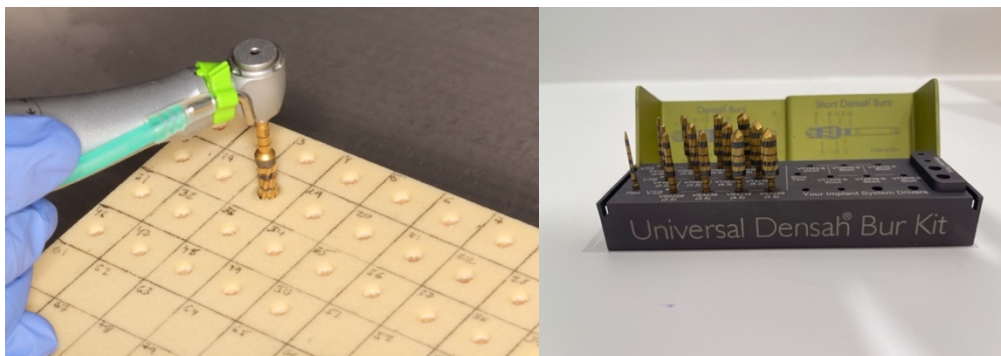


FIGURA 13: Fresas de oseodensificación, utilizada para el estudio.

- Instrumental para la realización de la preparación por osteótomos: osteótomos cóncavos angulados (BIOMET 3i®), (Fig. 14).

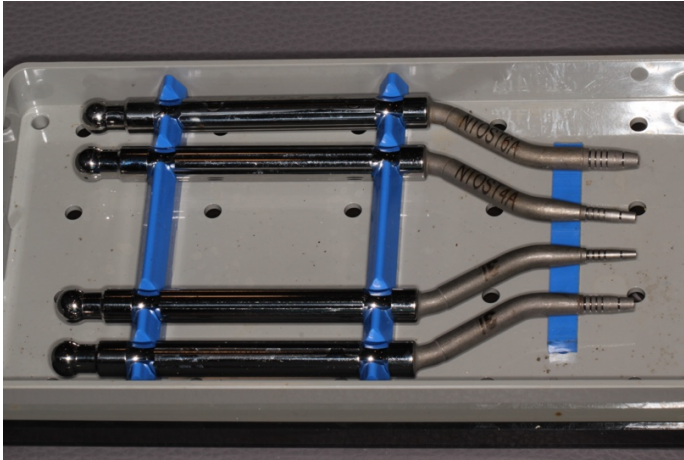


FIGURA 14: Juego de osteótomos BIOMET 3i®, utilizado para el estudio.

- Instrumental para la colocación de implante: contraángulo y motor quirúrgico (Implantned plus de W&H®) (Fig. 15).



FIGURA 15: motor quirúrgico W&H®, utilizado para el estudio.

- Instrumental para medir el torque de inserción: motor (Implantned plus de W&H®).
- Instrumental para medir el ISQ: sistema Osstell Beacon® y su correspondiente SmartPeg o transductor (Fig. 16).
 - SmartPeg para los implantes Ziacom Galaxy 4: Galaxy GLY4010 RP 4 10 100455 Type 38
 - SmartPeg para los implantes Biotech Kontact 4.2: Kontact 4.2 100582 Type 76

- SmartPeg para los implantes Phibo Aurea Evo RP: Aurea EVO RP 100425 type 26
- SmartPeg para los implantes Straumann BLT 4.1: Bone Level Tapered Implants Roxolid SLA 021.5508 RC 4.1 8 100485 Type 54
- SmartPeg para los implantes ETK Lyra iBone: 100455 Type 38

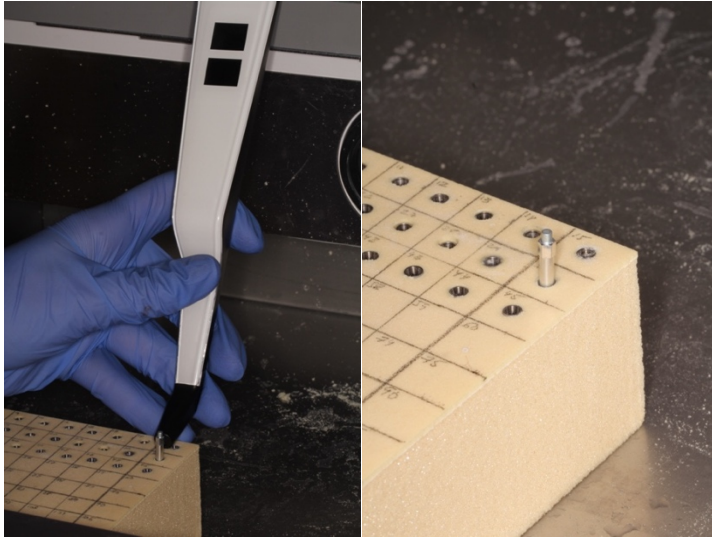


FIGURA 16: Sistema Osstell Beacon® y sus SmartPegs, utilizado para el estudio.

- Suero fisiológico para la colocación de los implantes en el bloque de hueso.
- Material iconográfico para la realización de las fotos del estudio: Cámara Réflex - Canon EOS 5D MARK IV BODY, Body, AF61 puntos, CMOS de 30.4, WiFi y NFC, Negro

8.2 Métodos

8.2.1 Descripción del procedimiento

El estudio se llevó a cabo utilizando bloques de poliuretano de baja densidad (tipo IV, según la clasificación de Leckholm y Zarb), cuyas propiedades son semejantes a las del hueso maxilar humano, con el objetivo de compararlos con la zona posterior del maxilar superior.

En los bloques de espuma de poliuretano se realizaron 600 osteotomías, los cuales fueron espaciados 10 mm x 10 mm para la futura colocación de implantes dentales mediante las tres diferentes técnicas quirúrgicas.

Las osteotomías se repartieron en 3 grupos de 200 osteotomías:

- Grupo 1: 200 osteotomías con técnica del infra-fresado
- Grupo 2: 200 osteotomías con técnica de osteótomos
- Grupo 3: 200 osteotomías con técnica de oseodensificación

Los protocolos de fresado fueron:

- Protocolo para el infrafresado

Se utilizaron fresas convencionales, siguiendo las recomendaciones de cada fabricante, para hueso de baja densidad, tipo IV.

Biotech Kontakt Dental 4.2

Se pasaron por orden las fresas con irrigación de suero fisiológico a 10mm:

1. Fresa lanza: 1500 rpm; (tope de fresa a 10mm)
2. Fresa piloto
3. Fresa quirúrgica KB30C6L10 $\varnothing$ 3 mm
4. Fresa quirúrgica KB36C6L10 $\varnothing$ 3.6mm

Phibo Aurea Evo RP

Se pasaron por orden con irrigación de suero fisiológico a 10 mm:

1. Fresa lanza EVO 23000: 850rpm (tope de fresa RP 4.8)
2. Fresa piloto EVO 20000: 850 rpm, $\varnothing$ 2.0mm (tope de fresa TOP RP48 100)
3. Fresa quirúrgica EVO 31000: 750rpm, $\varnothing$ 3.1mm (tope de fresa TOP RP48 100)
4. Fresa quirúrgica EVO 34000: 750rpm, $\varnothing$ 3.4mm (tope de fresa TOP RP48 100)

Ziacom Galaxy 4

Se pasaron por orden a 900rpm con irrigación de suero fisiológico a 10mm:

1. Fresa lanza SID010 $\varnothing$ 2,00 mm (tope de fresa GTPD210)
2. Fresa piloto OSPD20G $\varnothing$ 1,6/2,00 mm (tope de fresa GTPD210)
3. Fresa quirúrgica OSTD25G $\varnothing$ 1,80/ $\varnothing$ 2,50 mm (tope de fresa GTPD210)

Straumann BLT 4.1

Se pasaron por orden con irrigación de suero fisiológico a 10 mm:

1. Fresa piloto 026.0001: $\varnothing$ 2,2 mm a 800 rpm
2. Fresa BLT 026.2200: $\varnothing$ 2,8 mm a 600 rpm

ETK Lyra iBone

Se pasaron por orden con irrigación de suero fisiológico a 10 mm:

1. Fresa lanza $\varnothing$ 2,2 a 1200 rpm con tope a 10mm
3. Fresa piloto $\varnothing$ 2,2 mm a 1200 rpm

- Protocolo con osteótomos

Se pasaron por orden el juego de osteótomos angulados de la casa comercial 3i:

1. Fresa lanza: SID001M (tope de fresa: GTPD115)
2. Osteótomo angulado NTOST3A de diámetro 3,25 mm
3. Osteótomo angulado NTOST4A de diámetro 4 mm

- Protocolo para la oseodensificación

Siguiendo las recomendaciones de cada una de las casas comerciales para hueso de baja densidad tipo IV, se utilizó una secuencia de fresas en el orden indicado, respetando las revoluciones por minuto (rpm) sugeridas, a contra torque, bajo irrigación constante con suero fisiológico a 10 mm.

Biotech Kontakt Dental 4.2:

- 1- Fresa Lanza a 800-1500 rpm
- 2- Fresa Bur 1: VT1828 (2.3) a 1200 rpm a contra torque
- 3- Fresa Bur 2: VT2838 (3.3) a 1200 rpm a contra torque

Phibo Aurea Evo RP:

- 1- Fresa Lanza a 800-1500 rpm
- 2- Fresa Bur 1: VT1828 (2.3) a 1200 rpm a contra torque
- 3- Fresa Bur 2: VT2838 (3.3) a 1200 rpm a contra torque

Ziacom Galaxy 4:

- 1- Fresa Lanza a 800-1500 rpm
- 2- Fresa Bur 1: VT1525 (2.0) a 1200 rpm a contra torque
- 3- Fresa Bur 2: VT2535 (3.0) a 1200 rpm a contra torque

Straumann BLT 4.1:

- 1- Fresa Lanza a 800-1500 rpm
- 2- Fresa Bur 1: VT1525 (2.0) a 1200 rpm a contra torque
- 3- Fresa Bur 2: VT2535 (3.0) a 1200 rpm a contra torque

ETK Lyra iBone:

- 1- Fresa Lanza a 800-1500 rpm
- 2- Fresa Bur 1: VT1828 (2.3) a 1200 rpm a contra torque
- 3- Fresa Bur 2: VT2838 (3.3) a 1200 rpm a contra torque

Tras realizar las osteotomías, se procedió a la colocación de los implantes. La inserción se llevó a cabo con un motor de implantes y contraángulo sin

irrigación, y se midió tanto el ITV como el ISQ. Las osteotomías y la colocación de los implantes fueron realizadas por un operador experimentado.

8.2.2 Recogida de datos

Los resultados de las distintas mediciones se registraron en una tabla de Excel para su análisis posterior. Todas las mediciones fueron realizadas por un único operador.

El torque de inserción se registró utilizando el motor Implantmed Plus de W&H®, mientras que el valor de ISQ se obtuvo mediante el Sistema Osstell Beacon® y sus correspondientes SmartPegs o transductores.

Para obtener el valor del ISQ, se realizó atornillando el transductor directamente al implante, simulando la colocación de un pilar protésico. La sonda del instrumento se posicionó en un ángulo aproximado de 45° y a una distancia de 2 a 4 mm por encima del SmartPeg, sin llegar a tocarlo (Fig. 16).

Este procedimiento se repitió dos veces por cada implante, registrando las mediciones en las cuatro caras: vestibular, palatina, mesial y distal, desconectando y reconectando el transductor entre la primera y la segunda medición.

8.2.3 Análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico de los datos recogidos para el presente estudio se ha realizado mediante el programa informático SPSS 25 utilizando un nivel de confianza del 95% y considerando estadísticamente significativos aquellos resultados de comparación para los cuales el p-valor obtenido sea menor de 0,05, de manera que si el p-valor es menor que 0,05 se rechazara la hipótesis nula.

Para estudiar las diferencias entre los valores del torque de inserción y del ISQ en función del tipo de técnica empleada se utilizaron pruebas Anova, pruebas robustas de comparación de Welch y las pruebas post-hoc de Bonferroni y Games-Howell.

Para estudiar la correlación entre el torque de inserción y el índice de estabilidad se utilizaron pruebas de correlación de Pearson.

8.2.3.1 Variables de estudio

- Variables principales del estudio

- Torque de inserción (Newton-centímetros), que es una variable numérica cuantitativa.
- Índice de estabilidad (frecuencia de resonancia (kHz) en una escala de 1 a 100 ISQ), que es una variable numérica cuantitativa.

Además, se evaluaron otras variables.

- Variables secundarias

- Tipo de técnica quirúrgica empleada, que es una variable categórica nominal.
- Tipo de diseño macroscópico del implante (marca del implante), que es una variable categórica nominal.

Cada una de las variables ha sido definida con una etiqueta específica, y en función de su tipo, ya sea categórica o cuantitativa, se les han asignado los valores y escalas de medida apropiados utilizando el programa informático de tratamiento estadístico de datos SPSS 25.

9. RESULTADOS

9.1 Estudio de la correlación entre el índice de estabilidad y el torque de inserción

Se estudió si existía correlación entre la estabilidad del implante y el torque de inserción empleado para la colocación del implante.

Esto se observó de forma general, sin tener en cuenta el tipo de implante ni la técnica de colocación, en función del tipo de implante, sin considerar la técnica empleada, y, por último, en función de la técnica de colocación empleada sin considerar el tipo de implante.

Para esto se realizaron pruebas de correlación de Pearson (Tabla 2). En general, sin tener en cuenta el tipo de implante ni la técnica de colocación, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 2: Prueba de correlación de Pearson

Correlaciones

		ISQ
Torque de inserción	Correlación de Pearson	-0,287**
	p-valor	<0,001
	N	600

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

El p-valor del coeficiente de correlación de Pearson fue menor que 0,001 y también menor que 0,05, por lo que se encontraron evidencias estadísticas que sugieren que existió correlación entre los valores del torque y los valores de estabilidad.

El coeficiente de correlación de Pearson fue -0.287, negativo, lo que indicó que la relación entre los valores fue inversa, es decir, que cuanto mayor fue el torque de inserción, menor fue el ISQ.

Además, se indicó que la relación entre las variables fue débil (Gráf. 1, Tabla 3).

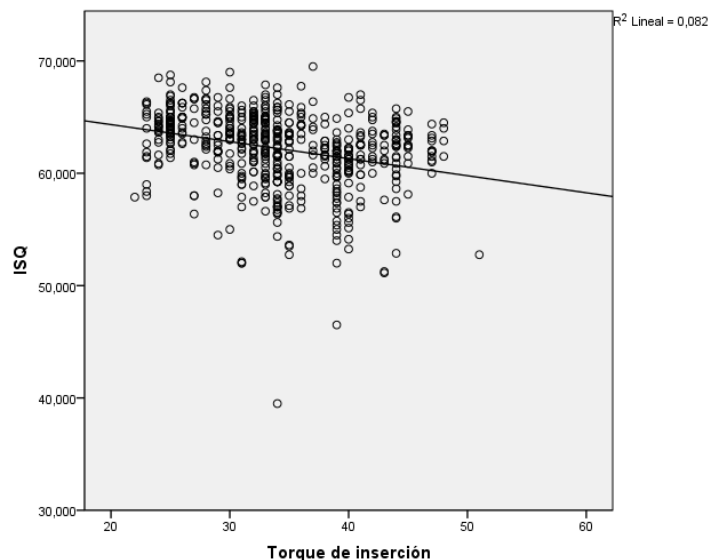


GRÁFICA 1: Correlación negativa o positiva en función del coeficiente de correlación de Pearson

TABLA 3: Coeficiente de correlación de Pearson

Coeficiente de correlación de Pearson	Correlación
0 – 0,10	Inexistente
0,10 – 0,30	Débil
0,30 – 0,50	Moderada
0,50 – 1	Fuerte

El coeficiente de determinación R^2 fue 0,082, lo que supuso que tan solo el 8,20% del valor del ISQ dependió del torque de inserción (Gráf. 2).



GRÁFICA 2: Correlación entre el índice de estabilidad y el torque de inserción

9.2 Estudio de la influencia del tipo de implante y la técnica de colocación en los valores del ISQ

Se estudió si la técnica de colocación y el tipo de implante influyeron en los valores del ISQ, comparando los valores del ISQ en función de la técnica de colocación empleada y el tipo de implante utilizado.

9.2.1 Estudio comparativo de la estabilidad del implante en función de la técnica de colocación empleada.

Se estudio si la técnica de colocación empleada influyó en los valores de estabilidad del implante.

En función de la técnica empleada, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 4).

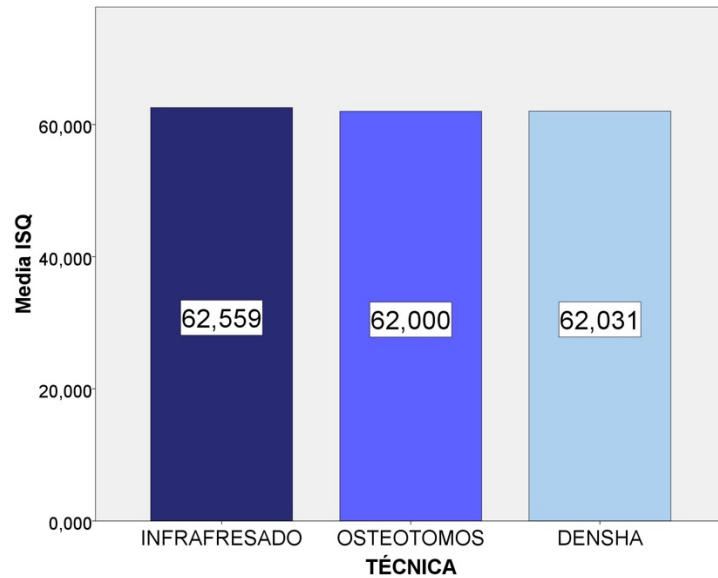
TABLA 4: Descriptivos de la media de los valores de ISQ de las cuatro caras del implante como valor global en función de la técnica quirúrgica de colocación

Descriptivos

ISQ

TECNICA DE COLOCACIÓN	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
INFRAFRESADO	200	62,56	3,061	0,216	62,13	62,99	52,00	69,50
OSTEOTOMOS	200	62,00	3,509	0,248	61,51	62,49	51,13	68,75
DENSHA	200	62,03	3,371	0,238	61,56	62,50	39,50	69,00

El ISQ medio en el caso de los implantes en los que se utilizó la técnica de infrafresado fue de $62,56 \pm 0,43$, en los que se utilizó la técnica de osteotomos fue de $62,00 \pm 0,49$ y en el caso de los implantes en los que se utilizó la técnica Densha fue de $62,03 \pm 0,47$ (Gráf. 3).



GRÁFICA 3: Valores medios de ISQ en función de cada técnica por implante global

Los valores medios del ISQ de los tres grupos fueron similares, para comprobar que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del ISQ de los tres grupos se realizó una prueba de comparación. Como el tamaño de la muestra fue suficientemente grande, por la ley de los grandes números, se pudo suponer que los datos provienen de una población con distribución normal, por lo que se utilizaron pruebas paramétricas de comparación. Para elegir el tipo de prueba estadística de comparación se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas (Tabla 5).

TABLA 5: Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas

ISQ

Estadístico de Levene	gl1	gl2	p-valor
2,065	2	597	0,128

El p-valor del estadístico de contraste de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene fue 0,128, mayor que 0,05, por lo que se pudo suponer que las varianzas de los tres grupos fueron similares, por lo que se utilizó una prueba ANOVA de un factor para comparar los resultados de ISQ de los tres grupos (Tabla 6).

TABLA 6: Prueba de Anova para comparar los resultados de ISQ de los tres grupos

ANOVA					
ISQ					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Inter-grupos	39,429	2	19,714	1,789	0,168
Intra-grupos	6577,208	597	11,017		
Total	6616,637	599			

El p-valor del estadístico de contraste de la prueba ANOVA fue 0,168, mayor que 0,05, por lo que no se encontraron evidencias estadísticas que sugirieran que los valores de ISQ de los tres grupos fueron significativamente distintos, es decir, no se encontraron evidencias estadísticas que indicaran que la técnica de colocación por sí sola empleada influyó en el valor del ISQ.

9.2.2 Estudio comparativo de la estabilidad del implante en función del tipo de implante empleado

Se estudio si el tipo de implante empleado influyo en los valores de estabilidad del implante.

En función del tipo de implante, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 7).

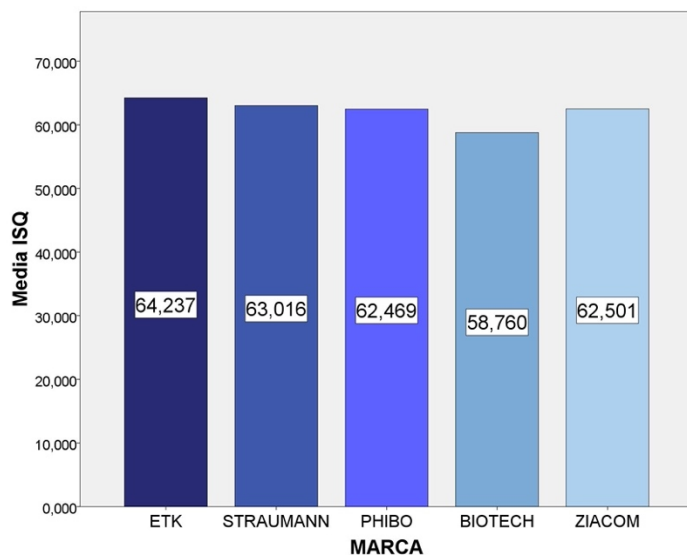
TABLA 7: Descriptivos de la media de los valores de ISQ de las cuatro caras del implante como valor global en función de la marca del implante

Descriptivos

ISQ

MARCA	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
ETK	120	64,24	2,296	0,210	63,82	64,65	52,75	68,75
STRAUMANN	120	63,02	3,326	0,304	62,41	63,62	39,50	69,00
PHIBO	120	62,47	1,952	0,178	62,12	62,82	57,75	69,50
BIOTECH	120	58,76	3,320	0,303	58,16	59,36	46,50	65,00
ZIACOM	120	62,50	2,736	0,250	62,01	63,00	52,00	66,50

Para los implantes ETK el ISQ medio era de $64,24 \pm 0,41$, para los Straumann era de $63,02 \pm 0,60$, para los Phibo era de $62,47 \pm 0,35$, para los Biotech era de $58,76 \pm 0,60$ y para los Ziacom era de $62,50 \pm 0,50$ (Gráf. 4).



GRÁFICA 4: Valores medios de ISQ en función de la marca del implante

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene dio los siguientes resultados (Tabla 8):

TABLA 8: Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

Prueba de homogeneidad de varianzas

ISQ

Estadístico de Levene	gl1	gl2	p-valor
7,558	4	595	<0,001

El p-valor del estadístico de contraste de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene era menor que 0,001, menor que 0,05, por lo que no se pudo suponer que las varianzas de los cinco grupos eran similares, por lo que se usó una prueba de comparación de Welch para comparar los resultados de ISQ de los cinco grupos (Tabla 9).

TABLA 9: Pruebas de igualdad de las medias**Pruebas robustas de igualdad de las medias**

ISQ

	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Welch	55,549	4	294,141	<0,001

a. Distribuidos en F asintóticamente.

El p-valor del estadístico de Welch era menor que 0,001, menor que 0,05, por lo que encontraron evidencias estadísticas para decir que existen diferencias significativas entre los valores del ISQ de al menos uno de los grupos, es decir, encontraron evidencias estadísticas para decir que el diseño del implante influyó en los valores del ISQ. Para estudiar estas diferencias se usó una prueba de comparaciones múltiples de Games-Howell (Tabla 10).

TABLA 10 : Comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples Games-Howell

Variable dependiente: ISQ

(I) MARCA	(J) MARCA	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
ETK	STRAUMANN	1,222*	0,369	0,010	0,207	2,237
	PHIBO	1,769*	0,275	<0,001	1,012	2,525
	BIOTECH	5,477*	0,369	<0,001	4,463	6,491
	ZIACOM	1,736*	0,326	<0,001	0,840	2,633
STRAUMANN	PHIBO	0,547	0,352	0,529	-0,423	1,516
	BIOTECH	4,255*	0,429	<0,001	3,076	5,434
	ZIACOM	0,515	0,393	0,686	-0,566	1,595
PHIBO	BIOTECH	3,708*	0,352	0,000	2,740	4,677
	ZIACOM	-0,032	0,307	1,000	-0,876	0,812
BIOTECH	ZIACOM	-3,741*	0,393	<0,001	-4,820	-2,661

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

De la tabla de comparaciones múltiples se obtuvo los siguientes resultados: los valores ISQ de los implantes de la marca ETK eran significativamente mayores que los del resto de las marcas, ya que los p-valores de las pruebas de comparación eran todos menores que 0,05 y la diferencia de

medias ($I - J$) era positiva. Los valores ISQ de los implantes de la marca Biotech eran significativamente menores que los del resto de las marcas.

10. DISCUSIÓN

El presente estudio experimental in vitro proporciona evidencia estadística sobre la evaluación de la estabilidad primaria de implantes dentales en bloques de poliuretano de baja densidad, colocados mediante las técnicas de oseodensificación, de infra-fresado y osteótomos.

El objetivo principal fue evaluar la correlación entre los valores de ITV (Torque de Inserción) e ISQ (Índice de Estabilidad Primaria) al momento de la colocación del implante. Los objetivos secundarios consistieron en analizar la relación entre la estabilidad primaria en hueso de tipo IV y la técnica quirúrgica empleada, así como vincular la estabilidad primaria en este tipo de hueso con el diseño macroscópico del implante.

10.1 Correlación entre el torque de inserción vertical y el cociente de estabilidad primaria (ISQ) del implante

La relación entre el Torque de Inserción (ITV) y el Índice de Estabilidad del Implante (ISQ) ha sido ampliamente estudiada debido a la relevancia clínica de ambos métodos para evaluar la estabilidad primaria de los implantes dentales. Sin embargo, esta relación sigue siendo incierta.

Diversos estudios han mostrado resultados contradictorios. Algunos autores, como los de los estudios de *Açil y cols.* (42), no han encontrado una correlación significativa entre ITV y ISQ, mientras que otros estudios han reportado una correlación directa entre ambos parámetros (11,43–47).

En la presente investigación, se analizó cómo el macrodiseño del implante y la técnica quirúrgica seleccionada afectaron la posible interrelación entre el ITV y el ISQ, con el fin de comprender mejor cómo estos factores podrían influir en la evaluación de la estabilidad primaria de los implantes.

El análisis de los resultados mostró que hubo una correlación significativa entre el ISQ y el torque de inserción, lo que permitió aceptar la existencia de dicha correlación. El valor del coeficiente de correlación, $p = -0.287$, indicó que esta correlación fue negativa, es decir, a medida que aumentó el torque de inserción, el ISQ tendió a disminuir. La relación fue débil, lo que se reflejó en el valor de p , que se encuentra en el rango de correlaciones débiles (-0.10 a -0.30). Esto sugiere que, aunque existió una correlación significativa, no fue muy fuerte y hubo otros factores que también influyeron en el valor del ISQ. El coeficiente de determinación R^2 indicó que la relación entre ambas variables explicó solo el 8.2% de la variabilidad en el ISQ, lo que implica que el torque de inserción no fue el único factor que determinó la estabilidad del implante.

El estudio de *da Rocha Ferreira y cols.* (10) encontró que, cuando el ITV era igual o menor a 40 Ncm, existía una correlación significativa entre las mediciones del ITV y el ISQ. Esto sugiere que, dentro de este rango de torque, ambas mediciones parecían estar relacionadas de manera coherente: a medida que aumentaba uno, también lo hacía el otro.

Por otro lado, el estudio de *Baldi y cols.* (48) observó que la relación entre ISQ e ITV es positiva hasta que se alcanzan valores de torque cercanos a los 50 N/cm. Sin embargo, al aplicar torques mayores, esta relación se vuelve menos evidente, lo que indica que el aumento del torque más allá de cierto punto no necesariamente mejora la estabilidad del implante.

En los trabajos in vitro que utilizan bloques de poliuretano, como el presente estudio y el de autores como *Comuzzi y cols.* (21), *Di Stefano y cols.* (49), *Delgado Ruiz y cols.* (13), y *Stocchero y cols.* (50), se observa que el incremento en el ITV resulta en menores valores de ISQ, dado que la rigidez simulada en los bloques no responde de manera proporcional a la mayor resistencia mecánica generada durante la inserción. Puede ser debido a una compresión excesiva del material del bloque simulado. Por otro lado, en estudios in vivo, como los de *Herrero-Climent y cols.* (45), o en modelos animales, como en los estudios de *Falisi y cols.* (51), se concluye que las respuestas adaptativas del hueso frente a altos ITV pueden diferir según la densidad ósea local y la

biología intrínseca del hueso. *Herrero-Climent y cols.* (45) comentaron que torques elevados en huesos de baja densidad (tipo IV) podrían causar microfracturas óseas, disminuyendo así la estabilidad inicial registrada por el ISQ, aunque hubiese torque de inserción altos. Este fenómeno podría explicarse porque el ITV mide resistencia mecánica inmediata, mientras que el ISQ está relacionado con la rigidez del contacto hueso-implante.

Hay que tener esto en cuenta, a torques de inserción muy elevados en hueso blando, puede ser que no corresponda el ISQ, porque crea microfracturas en el hueso y disminuyen la estabilidad inicial o ISQ. Esto supone que, con las tres técnicas utilizadas, se consiguen torques muy elevados, que es lo que se busca.

Asimismo, en la investigación de *Romero y cols.* (45), se analizó una muestra de 234 implantes con tres tipos de rugosidad y se encontró una correlación entre los valores de ITV e ISQ. No obstante, *Barry y cols.* (52) sugieren que no existe una correlación lineal entre el ITV y el ISQ en la población estudiada, lo que pone en duda la necesidad de valores excesivamente altos de ambos parámetros para la temporización inmediata y para asegurar una osteointegración exitosa.

En la investigación de *A. Haseeb y cols.* (53), se observó que los implantes con diferentes macrogeometrías presentaban valores distintos de torque de inserción (ITV), pero no se encontró una relación directa entre el ITV y la estabilidad del implante (ISQ). Esto sugiere que otros factores, como la geometría del implante, podrían estar influyendo en la estabilidad del mismo.

Por último, *Cassetta y cols.* (54) y de *Vale Souza y cols.* (46), observaron una fuerte correlación entre el ITV y la estabilidad primaria, pero señalaron que el ITV no mostró correlación con la estabilidad secundaria. Esto sugiere que el ITV no sería un buen indicador para medir la estabilidad secundaria del implante. En este contexto, el estudio de *da Rocha Ferreira y cols.* (10) también destaca que la correlación entre el ITV y el ISQ puede estar influenciada por factores

clínicos, como la ubicación del implante, su geometría y el momento de la implantación.

En resumen, aunque el ITV y el ISQ son métodos útiles para evaluar la estabilidad primaria de los implantes, la relación entre ambos no es completamente predecible y está influenciada por una variedad de factores, incluyendo el macrodiseño del implante, la técnica quirúrgica empleada y las características del hueso receptor. La variabilidad en los resultados resalta la necesidad de continuar investigando y estandarizando los métodos de medición para obtener conclusiones más precisas que puedan guiar de manera más efectiva las decisiones clínicas en implantología.

10.2 Estabilidad primaria de los implantes en función de la técnica quirúrgica empleada

El objetivo secundario de este estudio fue analizar cómo la técnica quirúrgica influye en la estabilidad primaria en hueso tipo IV, caracterizado por su baja densidad. Para ello, se utilizaron tres técnicas quirúrgicas: oseodensificación, infrafresado y osteótomos, con el fin de evaluar su impacto en la estabilidad primaria en este tipo de hueso.

En varios estudios se ha evaluado cómo diferentes técnicas quirúrgicas afectan la estabilidad primaria de los implantes dentales, especialmente en hueso de baja densidad, con resultados que sugieren ventajas de la oseodensificación, aunque con algunas variaciones entre investigaciones.

En la presente investigación, se estudió si la técnica de colocación influía en los valores de estabilidad del implante (ISQ). Los valores medios del ISQ para las tres técnicas resultaron ser muy similares, lo que sugirió que podría no haber una diferencia considerable en la estabilidad del implante entre ellas. Los resultados del análisis estadístico mostraron que la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene indicó que los tres grupos eran similares, lo que permitió aplicar la prueba ANOVA de un factor. El p-valor de la prueba ANOVA sugirió

que no existían diferencias significativas entre las medias de ISQ de las tres técnicas. No se encontraron evidencias estadísticas que permitieran concluir que la técnica de colocación influyera de manera significativa en los valores de ISQ. En consecuencia, se concluyó que, en este caso, la técnica de colocación no tenía un impacto significativo sobre la estabilidad del implante (ISQ). Esto sugirió que otras variables, como el tipo de implante, la calidad del hueso o la experiencia del cirujano, podrían tener una mayor influencia en la estabilidad del implante.

El estudio de *Huwais y cols.* (14) demostró que la técnica de oseodensificación mejora significativamente la estabilidad primaria, en comparación con la perforación tradicional. Este beneficio se atribuye a la conservación del hueso en su lugar durante el proceso, lo que ayuda a mantener la matriz ósea, las células y las sustancias bioquímicas en el área, acelerando potencialmente el proceso de curación.

De manera similar, *Mercier y cols.* (16) encontraron que los valores de torque de inserción (ITV) fueron significativamente mayores en el grupo de oseodensificación en comparación con el grupo de perforación convencional. Además, se observó una correlación positiva y moderada entre el ITV y el ISQ, lo que sugiere que la oseodensificación puede ser una técnica más efectiva para mejorar la estabilidad primaria, especialmente en términos de torque y densidad ósea.

Sin embargo, otros estudios han mostrado resultados más variados. En el estudio de *Bilgic Kucukguven y cols.* (55), se encontró que tanto el ISQ como el torque de inserción variaron según la técnica quirúrgica utilizada. La técnica convencional mostró un ISQ más alto, mientras que la técnica de condensación ósea (oseodensificación) presentó un torque superior, lo que sugiere que, aunque el ISQ no siempre sea el mejor indicador de estabilidad primaria, el torque puede ser más sensible a las diferentes técnicas.

Por otro lado, en el estudio de *Abdelwahab y cols.* (56), las fresas de perforación Densah, que adoptan el concepto de oseodensificación, demostraron una mayor estabilidad primaria en comparación con la perforación

tradicional, tanto en términos de estabilidad como de densidad ósea. Este hallazgo refuerza la idea de que la oseodensificación puede ser beneficiosa, especialmente en términos de la calidad del hueso y la estabilidad del implante a corto plazo.

No obstante, en el estudio de *Sultana y cols.* (15), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la estabilidad del implante entre la perforación convencional y la técnica de oseodensificación ($P > 0.05$), lo que sugiere que en algunos casos la técnica de oseodensificación podría no ofrecer ventajas claras sobre la perforación tradicional en términos de estabilidad primaria.

Finalmente, *Planinic y cols.* (57) encontraron que los pacientes que recibieron tratamiento con osteótomos mostraron una mayor estabilidad primaria en comparación con los grupos que usaron perforación convencional, lo que destaca a la técnica de osteótomos como una opción eficaz para mejorar la estabilidad primaria, especialmente cuando se buscan resultados inmediatos.

En conclusión, aunque los estudios muestran consistentemente que la técnica de oseodensificación puede ofrecer ventajas en términos de estabilidad primaria y densidad ósea, los resultados varían según la técnica quirúrgica utilizada, el tipo de implante y las condiciones específicas de cada caso. Así, mientras que la oseodensificación puede ser más eficaz en ciertos contextos, las técnicas convencionales y el uso de osteótomos también muestran ser opciones viables, lo que subraya la necesidad de más investigación para determinar qué técnica es más adecuada en función de las características del paciente y el tipo de hueso.

10.3 Estabilidad primaria de los implantes en función del macrodiseño de los implantes

El propósito adicional de este estudio fue evaluar el impacto del macrodiseño del implante en la estabilidad primaria, un factor clave para el éxito

de la implantología dental. La estabilidad primaria, entendida como la fijación inicial entre el implante y el hueso, depende en gran medida de características como el diseño de la superficie, el diámetro y la forma del implante. Estos elementos influyen directamente en la distribución de las fuerzas durante la inserción y en la capacidad del implante para fomentar una integración ósea óptima. Comprender mejor esta relación es fundamental para optimizar las técnicas de colocación y seleccionar los implantes más adecuados para cada tipo de hueso, lo que a su vez mejora los resultados a largo plazo de los procedimientos de implantación dental. Diversos estudios han abordado esta cuestión, señalando cómo el diseño del implante puede afectar la estabilidad primaria.

En la presente investigación, se estudió si el tipo de implante influía en los valores de estabilidad del implante (ISQ). Para ello, se compararon los valores medios de ISQ de diferentes tipos de implante: ETK, Straumann, Phibo, Biotech y Zicom. Los resultados de la prueba de Welch indicaron que el tipo de implante influía significativamente en los valores de ISQ, ya que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Se observó que los implantes colocados en hueso blando con un diseño cónico puro, distancia entre espiras de 0,70mm y una profundidad de espira moderada y variable entre espiras presentaron los valores más altos de ISQ en comparación con los demás tipos de implante. En cambio, los implantes con diseño híbrido, profundidad de rosca constante, y distancia entre espiras de 0,60mm mostraron los valores más bajos de ISQ, siendo significativamente menores que los de los demás tipos de implante. En conclusión, se determinó que el tipo de implante tenía una influencia significativa en la estabilidad del implante, lo que sugiere que el diseño o las características particulares de los implantes podrían afectar su estabilidad en el hueso.

En el estudio de *K. Al-Tarawneh y cols.* (5) encontraron que un diseño de rosca cortante y progresiva proporciona una alta estabilidad primaria con un torque de inserción moderado, en comparación con los diseños de rosca agresiva, que generan torques de inserción más elevados. La presencia de múltiples hilos cortantes, como en este tipo de diseños, puede ser ventajosa para

lograr una mayor estabilidad primaria, especialmente en huesos de baja densidad.

En otro estudio, *Lee y cols.* (4) establecieron que la estabilidad primaria se correlaciona positivamente con la densidad ósea, mejorando aún más cuando aumenta la longitud del implante en huesos de baja densidad. Esto refuerza la idea de que el macrodiseño debe adaptarse a las características específicas del hueso para optimizar la fijación inicial.

Wu y cols. (58) observaron que los implantes largos, colocados en hueso de buena calidad, ofrecieron una mayor estabilidad primaria, mientras que los valores de torque disminuían al alcanzar la posición final del implante. Además, señalaron que un aumento en la profundidad de inserción de los implantes provocaba una disminución tanto del torque como del índice de estabilidad (ISQ). De hecho, los implantes cortos de 6 mm insertados en posiciones subcrestales mostraron una menor estabilidad primaria, especialmente en hueso de baja calidad. En la presente investigación todos los implantes tienen una longitud de 10mm.

Por otro lado, el estudio in vitro de *Comuzzi y cols.* (21) demostró que los implantes con diseños apicales y macrogeometrías cónicas presentaron un torque de inserción (ITV) y un ISQ significativamente mayores que los implantes con diseños apicales cilíndricos, sugiriendo que la forma cónica del implante podría ser beneficiosa para mejorar la estabilidad primaria. En la presente investigación se usaron implantes de diseño cónico o híbrido con lo que esa característica podría influir en la estabilidad primaria del implante, en efecto, los implantes con diseño cónico presentaron un ISQ más alto de $64,24 \pm 0,41$ mientras que los con diseño híbrido presentaron un ISQ más bajo de $58,76 \pm 0,60$.

En relación con el diámetro del implante, *Wang y cols.* (2) encontraron que los implantes con diámetros de Ø4.1 mm y Ø4.8 mm mostraron un mejor rendimiento en términos de estabilidad durante la etapa temprana de cicatrización, en comparación con los implantes de Ø3.3 mm. Esto resalta la

importancia del tamaño del implante, junto con su diseño, para lograr una mejor integración ósea en las primeras fases de la implantación. En el presente estudio utilizaron implantes de diámetro regular, aproximativamente de Ø4mm de diámetro.

En cuanto a la comparación de diferentes diseños de implantes, *Degidi y cols.* (43) mostraron que los implantes cónicos lograron una buena estabilidad primaria en sitios de hueso de baja densidad, superando a los implantes de paredes paralelas cuando se evaluaron utilizando parámetros como el torque de inserción y el ISQ. Esta evidencia sugiere que el diseño cónico podría ser más adecuado para ciertos tipos de hueso.

Finalmente, en la investigación de *Pérez Pevida y cols.* (22), se observó que el implante con paredes paralelas, plataforma ligeramente expandida y rosca progresiva simétrica mostró una mejor estabilidad primaria, tanto en términos de ISQ como de torque de inserción, en comparación con el implante de diseño cónico inverso y rosca progresiva asimétrica. Este hallazgo resalta la influencia del diseño geométrico del implante en su capacidad para lograr una buena estabilidad primaria en la fase inicial.

En conjunto, estos estudios sugieren que no existe un único diseño de implante que sea universalmente superior, sino que la elección del diseño debe tener en cuenta factores como la densidad ósea, la longitud, el diámetro del implante y la forma del mismo para optimizar la estabilidad primaria y secundaria. La variabilidad en los resultados de estos estudios también indica la necesidad de una estandarización metodológica en futuras investigaciones para obtener conclusiones más definitivas y aplicables a la práctica clínica.

10.4 Limitaciones del estudio y con que podría mejorarse

10.4.1 Limitaciones del estudio

- **Uso de bloques de poliuretano:**

Aunque los bloques de poliuretano son una alternativa útil para simular el hueso, no replican completamente las condiciones biológicas y mecánicas de un hueso real. Las propiedades de los bloques de poliuretano (como la densidad ósea y la microestructura) pueden diferir significativamente de las del hueso humano, lo que limita la generalización de los resultados a la práctica clínica real.

- **Selección de un solo operador:**

Aunque la elección de un operador con más de 10 años de experiencia es una fortaleza, la falta de variabilidad en la experiencia del operador podría ser una limitación, ya que las habilidades y las técnicas de diferentes cirujanos podrían influir en los resultados. Además, un solo operador no refleja las posibles variaciones en la técnica entre diferentes profesionales de la salud.

- **Exclusión de factores biológicos y clínicos:**

El estudio no considera factores biológicos que podrían afectar la estabilidad del implante, como la salud ósea del paciente, la presencia de enfermedades sistémicas, el envejecimiento, o el comportamiento del hueso real frente al implante. Estos factores pueden influir significativamente en los resultados, pero no fueron tomados en cuenta debido al diseño experimental.

- **Evaluación solo del torque de inserción y el ISQ:**

El estudio se centró principalmente en el torque de inserción y el ISQ como medidas de estabilidad primaria, lo que podría no ofrecer una imagen completa de la integración del implante a largo plazo. Otros factores, como la adaptación ósea, la pérdida ósea peri-implantar o la estabilidad clínica del implante durante el tiempo, no fueron considerados.

10.4.2 Áreas de mejora

- **Utilización de hueso real o modelos más realistas:**

Sería beneficioso realizar estudios en huesos animales o en modelos de hueso humano, lo que ofrecería resultados más cercanos a las condiciones clínicas reales.

- **Mayor variabilidad en los operadores:**

Incorporar a varios cirujanos con diferentes niveles de experiencia y técnicas quirúrgicas podría ayudar a evaluar la influencia de la habilidad del operador en los resultados. Esto también mejoraría la replicabilidad y aplicabilidad clínica del estudio.

- **Ampliación de las variables a evaluar:**

Incluir más medidas relacionadas con la estabilidad a largo plazo del implante, como la evaluación de la radiografía postoperatoria (por ejemplo, la densidad ósea peri-implantar) y el seguimiento clínico de la integración ósea, podría proporcionar un panorama más completo. Además, se podría analizar el comportamiento del implante en cuanto a la función masticatoria y la carga a largo plazo.

- **Mayor diversidad en las técnicas quirúrgicas:**

El estudio podría beneficiarse de incluir más técnicas quirúrgicas, como la colocación de implantes utilizando cirugía asistida por computadora (guides), o la utilización de láser o ultrasonido. Esto podría permitir una comparación más amplia sobre las mejores prácticas quirúrgicas y su impacto en la estabilidad del implante.

- **Consideración de la calidad ósea real en lugar de simular hueso tipo IV:**

La diversidad en la calidad ósea real en pacientes podría ser un factor clave para la estabilidad de los implantes. Si bien se han utilizado bloques tipo IV, sería interesante explorar cómo el implante se comporta en huesos de diferentes

calidades (I, II, III). Esto mejoraría la aplicabilidad de los resultados en diversas condiciones clínicas.

- **Ampliación del seguimiento postoperatorio :**

Para evaluar verdaderamente la estabilidad a largo plazo, sería útil realizar un seguimiento más allá de la fase inicial de cicatrización. El estudio podría incluir un seguimiento de varios meses o incluso años para observar posibles cambios en la estabilidad del implante, la aparición de complicaciones o fallos en la integración del implante.

10.4.3 Resumen

En general, el estudio proporciona una visión interesante sobre la relación entre el torque de inserción y la estabilidad primaria del implante, pero presenta limitaciones en cuanto a la simulación del hueso real, la diversidad de variables consideradas y la experiencia de los operadores. Mejorar la calidad del modelo experimental, ampliar el número de operadores y técnicas quirúrgicas, y realizar un seguimiento más largo de los implantes ayudarían a obtener resultados más representativos de las condiciones clínicas reales.

11. CONCLUSIÓN

Conclusión principal:

Existe una correlación significativa negativa entre el torque de inserción vertical (ITV) y el índice de estabilidad (ISQ), pero la relación es débil. Se observaron altos torques de inserción en los bloques de hueso blando; que se podría explicar por una compresión alta del material que hizo disminuir los valores de ISQ.

Es importante considerar que otros factores también podrían influir en la estabilidad del implante, más allá del torque de inserción.

Conclusiones secundarias:

- La técnica de colocación quirúrgica no tiene un impacto significativo sobre la estabilidad primaria del implante, puesto que con las tres se consiguieron torques de inserción muy elevados.
- El tipo de implante tiene una influencia significativa en la estabilidad primaria del implante, lo que sugiere que el diseño o las características particulares de los implantes podrían afectar su estabilidad en el hueso blando.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Wu HC, Huang HL, Fuh LJ, Tsai MT, Hsu JT. Effect of Implant Length and Insertion Depth on Primary Stability of Short Dental Implant. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2023 Jan;38(1):62–70.
2. Wang Y, Wang H, Chen X, Shi Y, Wang Z. Effects of Implant Diameter on Implant Stability and Osseointegration in the Early Stage in a Dog Model. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023 Jul;38(4):757–67.
3. Sunny G, Mishra S, Chowdhary R. Resonance Frequency Analysis to Evaluate the Effect of Different Drilling Techniques on Implant Stability at Different Time Intervals: A Randomized Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Sep;37(5):1055–62.
4. Lee J, Lim YJ, Ahn JS, Kim B, Baek YW, Lim BS. Correlation of two different devices for the evaluation of primary implant stability depending on dental implant length and bone density: An in vitro study. *PLoS One*. 2024 May 1;19(5 May).
5. Al-Tarawneh S, Thalji G, Cooper L. Macrogeometric Differentiation of Dental Implant Primary Stability: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Nov;37(6):1110–8.
6. Guglielmotti MB, Olmedo DG, Cabrini RL. Research on implants and osseointegration. Vol. 79, *Periodontology 2000*. Blackwell Munksgaard; 2019. p. 178–89.
7. Pandey C, Rokaya D, Bhattarai BP. Contemporary Concepts in Osseointegration of Dental Implants: A Review. Vol. 2022, *BioMed Research International*. Hindawi Limited; 2022.
8. Mavrogenis AF, Dimitriou R, Parvizi J, Babis GC. Biology of implant osseointegration. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2009;9(2):61–71.
9. Fereño-Cáceres A, Vélez-Astudillo R, Bravo-Torres W, Astudillo-Rubio D, Alvarado-Cordero J. Primary stability with osseodensification drilling of dental implants in the posterior maxilla region in humans: A systematic review. Vol. 61, *Dental and Medical Problems*. Wrocław University of Medicine; 2024. p. 605–12.
10. Ferreira J, Machado L. Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient: Separate Evaluation and Correlation for Different Clinical Parameters. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jul;37(4):812–22.
11. Cassetta M, Brandetti G, Altieri F. Are the Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient Correlated, and If So, Can Insertion Torque Values Predict Secondary Implant Stability? A Prospective Parallel Cohort Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jan;37(1):135–42.
12. Fontes Pereira J, Costa R, Nunes Vasques M, Salazar F, Mendes JM, Infante da Câmara M. Osseodensification: An Alternative to Conventional Osteotomy in Implant Site Preparation: A Systematic Review. Vol. 12, *Journal of Clinical Medicine*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023.
13. Delgado-Ruiz R, Gold J, Marquez TS, Romanos G. Under-drilling versus hybrid osseodensification technique: Differences in implant primary stability and bone density of the implant bed walls. *Materials*. 2020 Jan 1;13(2).
14. Huwais S, Meyer E. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):27–36.
15. Sultana A, Makkar S, Saxena D, Wadhawan A, Kusum C. To compare the stability and crestal bone loss of implants placed using osseodensification and traditional drilling protocol: A clinicroadiographical study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2020 Jan 1;20(1):45–51.

16. Mercier F, Bartala M, Ella B. Evaluation of the Osseodensification Technique in Implant Primary Stability: Study on Cadavers. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 May;37(3):593–600.
17. Li X, Lin X, Guo J, Wang Y. The Stability and Survival Rate of Dental Implants After Preparation of the Site by Piezosurgery vs Conventional Drilling: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020 May;35(3):e51–6.
18. Poonia PS, Patel IB. Comparative Evaluation of Osseodensification vs Conventional Osteotomy Technique for Dental Implants: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2024 Jan 1;14(1):58–69.
19. Yu X, Chang C, Guo W, Wu Y, Zhou W, Yu D. Primary implant stability based on alternative site preparation techniques: A systematic review and meta-analysis. Vol. 24, *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 580–90.
20. Mello BF, De Carvalho Formiga M, Bianchini MA, Borges I, Coura G, Tumedei M, et al. Insertion Torque (IT) and Implant Stability Quotient (ISQ) Assessment in Dental Implants with and without Healing Chambers: A Polyurethane In Vitro Study. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2023 Sep 1;13(18).
21. Comuzzi L, Tumedei M, Di Pietro N, Romasco T, Montesani L, Piattelli A, et al. Are Implant Threads Important for Implant Stability? An In Vitro Study Using Low-Density Polyurethane Sheets. *Eng*. 2023 Jun 1;4(2):1167–78.
22. Pérez-Pevida E, Cherro R, Camps O, Piqué N. Effects of Drilling Protocol and Bone Density on the Stability of Implants According to Different Macrogeometries of the Implant Used: Results of an In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020 Sep;35(5):955–64.
23. Popovski J, Mikic M, Tasevski D, Dabic S, Mladenovic R. Comparing Implant Macrodesigns and Their Impact on Stability: A Year-Long Clinical Study. *Medicina (Lithuania)*. 2024 Sep 1;60(9).
24. Toyoshima T, Tanaka H, Ayukawa Y, Howashi M, Masuzaki T, Kiyosue T, et al. Primary Stability of a Hybrid Implant Compared with Tapered and Cylindrical Implants in an Ex Vivo Model. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015 Oct 1;17(5):950–6.
25. Romero-Serrano M, Romero-Ruiz MM, Herrero-Climent M, Rios-Carrasco B, Gil-Mur J. Correlation between Implant Surface Roughness and Implant Stability: A Systematic Review. *Dent J (Basel)*. 2024 Aug 23;12(9):276.
26. Heimes D, Becker P, Pabst A, Smeets R, Kraus A, Hartmann A, et al. How does dental implant macrogeometry affect primary implant stability? A narrative review. *Int J Implant Dent*. 2023 Jul 5;9(1).
27. Huang YC, Huang YC, Ding SJ. Primary stability of implant placement and loading related to dental implant materials and designs: A literature review. Vol. 18, *Journal of Dental Sciences*. Association for Dental Sciences of the Republic of China; 2023. p. 1467–76.
28. Godoy-Reina I, Moreu-Burgos G, González-Jaranay M. Stability and marginal bone loss in implants placed using piezoelectric osteotomy versus conventional drilling: Systematic review and meta-analysis. Vol. 26, *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*. Medicina Oral S.L.; 2021. p. e226–37.
29. Huwais S, Meyer E. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):27–36.
30. Poonia PS, Patel IB. Comparative Evaluation of Osseodensification vs Conventional Osteotomy Technique for Dental Implants: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2024 Jan 1;14(1):58–69.

31. Gaspar J, Proença L, Botelho J, Machado V, Chambrone L, Neiva R, et al. Implant Stability of Osseodensification Drilling Versus Conventional Surgical Technique: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2021 Nov;36(6):1104–10.
32. Mercier F, Bartala M, Ella B. Evaluation of the Osseodensification Technique in Implant Primary Stability: Study on Cadavers. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 May;37(3):593–600.
33. Fontes Pereira J, Costa R, Nunes Vasques M, Salazar F, Mendes JM, Infante da Câmara M. Osseodensification: An Alternative to Conventional Osteotomy in Implant Site Preparation: A Systematic Review. Vol. 12, *Journal of Clinical Medicine*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023.
34. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials [Internet]. Equator-network.org. [citado el 10 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/consort/> [Internet]. [cited 2025 Feb 11]. Available from: <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/consort/>
35. Kilkenney C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. Improving bioscience research reporting: The arrive guidelines for reporting animal research. *PLoS Biol* [Internet]. 2010 Jun [cited 2025 Feb 12];8(6).
36. Faggion CM. Are there guidelines for reporting clinical research findings in oral lectures and seminars in dental meetings? Vol. 214, *British Dental Journal*. 2013. p. 281–3.
37. Biotech Dental. Biotech Dental Kontakt S [Informe inédito]. Madrid: Biotech Dental Spain; 2018.
38. Phibo. Aurea Evo Phibo. [Informe inédito]. Barcelona: Phibo; 2021.
39. Ziacom Medical. Galaxy Implantes de conexión cónica. [Informe inédito]. Madrid: Ziacom Medical; 2023.
40. Straumann. Implantes Straumann® Bone Level Tapered Información básica. [Informe inédito]. Madrid: Straumann Spain; 2017.
41. Lyra ETK. Manual de instrucciones i bone E® y i bone S® Cirugía y prótesis. [Informe inédito]. Barcelona: ETK Implants Iberia; 2020.
42. Açil Y, Sievers J, Gülses A, Ayna M, Wiltfang J, Terheyden H. Correlation between resonance frequency, insertion torque and bone-implant contact in self-cutting threaded implants. *Odontology*. 2017 Jul 1;105(3):347–53.
43. Dapirle D/. The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants 335. 2023.
44. Filho LCM, Cirano FR, Hayashi F, Feng HS, Conte A, Dib LL, et al. Assessment of the correlation between insertion torque and resonance frequency analysis of implants placed in bone tissue of different densities. *Journal of Oral Implantology*. 2014;40(3):259–62.
45. Romero M, Herrero-Climent M, Ríos-Carrasco B, Brizuela A, Romero MM, Gil J. Investigation of the Influence of Roughness and Dental Implant Design on Primary Stability via Analysis of Insertion Torque and Implant Stability Quotient: An In Vitro Study. *J Clin Med*. 2023 Jul 1;12(13).
46. Do Vale Souza JP, De Moraes Melo Neto CL, Piacenza LT, Freitas Da Silva EV, De Melo Moreno AL, Penitente PA, et al. Relation between Insertion Torque and Implant Stability Quotient: A Clinical Study. *Eur J Dent*. 2021 Oct 1;15(4):618–23.
47. Sarfaraz H, Johri S, Sucheta P, Rao S. Study to assess the relationship between insertion torque value and implant stability quotient and its influence on timing of functional implant loading. *Journal of Indian Prosthodontist Society*. 2018 Apr 1;18(2):139–46.
48. Baldi D, Lombardi T, Colombo J, Cervino G, Perinetti G, Di Lenarda R, et al. Correlation between insertion torque and implant stability quotient in tapered implants with knife-edge thread design. *Biomed Res Int*. 2018;2018.

49. Di Stefano D, Arosio P. Correlation Between Bone Density and Instantaneous Torque at Implant Site Preparation: A Validation on Polyurethane Foam Blocks of a Device Assessing Density of Jawbones. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016 Sep;e128–35.
50. Stoccherio M, Toia M, Cecchinato D, Becktor J, Coelho P, Jimbo R. Biomechanical, Biologic, and Clinical Outcomes of Undersized Implant Surgical Preparation: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016 Nov;31(6):1247–63.
51. Falisi G, Severino M, Rastelli C, Bernardi S, Caruso S, Galli M, et al. The effects of surgical preparation techniques and implant macro-geometry on primary stability: An in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017;22(2):e201–6.
52. Levin B. The Correlation Between Immediate Implant Insertion Torque and Implant Stability Quotient. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2016 Nov;36(6):833–40.
53. Haseeb SA, Rajendra K, Manual L, Kochhar AS, Dubey D, Dang GS. Comparative Evaluation of Implant Stability, Insertion Torque, and Implant Macrogeometry in Different Bone Densities Using Resonance Frequency Analysis. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021 Jun 1;22(6):665–8.
54. Cassetta M, Brandetti G, Altieri F. Are the Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient Correlated, and If So, Can Insertion Torque Values Predict Secondary Implant Stability? A Prospective Parallel Cohort Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jan;37(1):135–42.
55. Kucukguven M, Topaloglu G, Isikhan S, Tosun E, Saysel M. In Vitro Evaluation of the Primary Stability of Short Implants in Different Surgical Techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020 Jul;35(4):700–6.
56. Abdelwahab K, nawwar alaa, El Khourazaty N. Assessment of primary stability and bone density of maxillary implant overdenture following Osseo densification concept. *Egypt Dent J*. 2022 Jan 1;68(1):955–63.
57. Planinić D, Dubravica I, Šarac Z, Poljak-Guberina R, Celebic A, Bago I, et al. Comparison of different surgical procedures on the stability of dental implants in posterior maxilla: A randomized clinical study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2021 Nov 1;122(5):487–93.
58. Wu HC, Huang HL, Fuh LJ, Tsai MT, Hsu JT. Effect of Implant Length and Insertion Depth on Primary Stability of Short Dental Implant. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2023 Jan;38(1):62–70.

13. ANEXOS

ANEXO I: Tabla guía Arrive y Consort modificada para estudio in vitro

SECCIÓN/TEMA	PUNTO DE LA LISTA	INFORME PÁGINA NO.
Título	Item 1. Artículo, descripción, grado	0
Resumen	Item 2. Resumen estructurado del diseño del ensayo, métodos, resultados y conclusiones	3
Introducción		
<i>Antecedentes</i>	Item 3a. Base científica y explicación de la justificación	9-16
<i>Objetivos</i>	Item 3b. Objetivos específicos y/o hipótesis	18-22
Materiales y métodos		
<i>Diseño del estudio</i>	Item 4a. Explicó el número de grupos experimentales y grupos de control, medidas para reducir el sesgo (demostrar la consistencia del experimento (realizado más de uno), detalle suficiente para la replicación, evaluación del cegamiento, etc.).	24-33
<i>Detalles del procedimiento experimental</i>	Item 4b. Detalles precisos del procedimiento experimental (es decir, cómo, cuándo, dónde y por qué)	34-38
<i>Tamaño de la muestra</i>	Item 4c. Cómo se determinó el tamaño de la muestra	25
<i>Métodos estadísticos</i>	Item 4d. Detalles de los métodos y análisis estadísticos (métodos estadísticos utilizados para comparar los grupos)	37-38
Resultados	Item 5. Resultados de cada análisis con medida de la precisión, como la desviación típica o el error típico o el intervalo de confianza.	41-48
Discussión		
<i>Interpretación científica</i>	Item 6.	50-58
<i>Limitaciones</i>	Item 7. Limitaciones del ensayo, abordando las fuentes de sesgo potencial, imprecisión.	58-60
Declaración de conflictos potenciales y divulgación de la financiación	Item 8.	24

ANEXO II: Documentación comité de ética

Comisión de Investigación

Villaviciosa de Odón, 29 de noviembre de 2024

Estimado/a investigador/a,

La Comisión de Investigación de la Escuela de Doctorado e Investigación, una vez revisada la documentación e información, remitida por el investigador responsable con fecha 05/11/2024 14:04:31, relativa al proyecto abajo indicado, autoriza su desarrollo en la Universidad Europea.

Título del proyecto:	INFLUENCIA DEL MACRODISEÑO EN LA ESTABILIDAD PRIMARIA, DE 600 IMPLANTES DENTALES, COLOCADOS EN HUESO DE BAJA DENSIDAD CON DISTINTAS TÉCNICAS QUIRÚRGICAS. ESTUDIO IN VITRO
Tipo de proyecto:	Proyecto-SIN financiación
Investigador/a responsable:	GALAN GIL- SONICA
Código CI:	2024-924
Código OTRI:	Sin especificar
Código Departamento:	Sin especificar
Dictamen:	APROBADO

Atentamente,

**Fdo. Óscar García López***Director de la Escuela de Doctorado e Investigación*ci@universidadeuropea.es

ANEXO III: Declaración detallada de uso de IA

En la elaboración del presente trabajo, se ha recurrido a herramientas de inteligencia artificial para guiar el procedimiento metodológico, concretamente ChatGPT 4o.

-Herramienta: Chat GPT 4o

-Funciones: apoyo en la búsqueda de sinónimos, en la corrección de la ortografía y de la gramática.

-Prompts utilizados: “Corrige la ortografía y gramática de este párrafo”, “Encuentra un sinónimo de esta palabra.”

-Enlace : <https://openai.com/index/chatgpt/>

“Relationship between insertion torque and ISQ of 600 implants placed in soft bone with different surgical techniques.” IN VITRO STUDY

Authors:

Clarisse Brunel¹, Sonnica Galan-Gil², Celia Carrillo Garcia³, Sonia Sánchez Carilla⁴

- 1. Fifth-year dentistry student at the European University of Valencia.*
- 2. Professor at the European University of Valencia.*
- 3. Professor at the European University of Valencia.*
- 4. Master's student in Implantology at the European University of Valencia.*

Corresponding and reprints author

Clarisse Brunel

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia, Spain

brunel.clarisse@gmail.com

+33769409388

Running title: Relationship Between Insertion Torque and ISQ of 600 Implants in Soft Bone: An In Vitro Study

KEYWORDS: Insertion torque, Osstell, ISQ, Macro-design, Osseodensification, Osteotomes

ABSTRACT:

Background: Primary stability plays a very important role in implant success as it is influenced by bone characteristics, surgical techniques and implant design. The aim of this study was to determine the correlation between implant stability index (ISQ) and insertion torque (IT) in dental implants.

Materials and methods: An in vitro, cross-sectional, analytical experiment was performed. For the study, polyurethane blocks simulating type IV bone were used, in which dental implants from 5 different commercial companies were placed. 600 osteotomies were performed, divided into three groups of 200 samples each. The 3 groups corresponded to three different surgical techniques: underdrilling, osteotomes, and osseodensification. Implants of the five brands were equally distributed in each group. ISQ and IT were measured.

Results: An inverse relationship was obtained between IT and ISQ, meaning that the higher the insertion torque, the lower the ISQ. This relationship between the 2 variables was weak. Furthermore, there was no statistical evidence that the ISQ values of the three groups of surgical techniques were significantly different. Regarding the analysis of the macro-design of the implants, it was found that implants with conical design, and coils with variable depths had a significantly higher ISQ than those with hybrid design and coils with constant depths.

Conclusions: The correlation between IT and ISQ is inverse, but the relationship is weak. High insertion torques were observed in the soft bone blocks, which could be explained by a high compression of the material which decreased the ISQ values. The surgical placement technique has no significant impact on primary stability, but the type of implant macro-design has a significant influence on it.

INTRODUCTION:

Dental implants offer a functional and aesthetic solution for the rehabilitation of missing teeth. Since their discovery, implants have evolved greatly, both in diagnostic techniques, surgical placement techniques and in the materials used, leading to improved clinical outcomes as well as improved quality of life for patients (1-3). Primary stability is a crucial concept for the long-term success of dental implants. It refers to the ability of the implant to remain fixed in the bone just after placement, before osseointegration occurs (4,5). Several tests are available to measure primary stability, such as those that measure the vertical insertion torque (IT) or those that measure the primary stability index (ISQ). The IT measures the resistance of the bone to the insertion of the implant and provides information on bone density and initial stability. A torque between 32 and 35 newton/centimetres indicates adequate primary stability for immediate loading. On the other hand, the ISQ measures the resonance frequency of the implant, which is related to the stability of the implant in the bone, and it is considered that an ISQ between 60 and 65 is sufficient to allow immediate loading on the implant. The ISQ has the advantage that it can be used to monitor implant stability during the osseointegration process (6-8). The surgical techniques used to prepare the implant bed also influence the success of primary stability. The first technique used is called the subtractive technique, also known as the conventional drilling technique, which consists of creating the necessary space in the bone for the implant (9). More recently, however, new surgical techniques have emerged. On the one hand, there is the technique proposed by Summers, which uses instruments designed to precisely cut and sculpt the bone to create the dense bone bed, known as the osteotome technique (10). On the other hand, there is also the osseodensification technique, which consists of using special drills that allow the bone to be compacted with an anticlockwise movement during drilling. This increases the bone density of the implant bed while creating space for placement, thus improving primary stability (10,11). Primary stability is also greatly influenced by the density and quality of the maxillary bone (12,13). There is great variability in bone density, and this will have a direct impact on the choice of surgical technique and the type of implant to be chosen in terms of its macro-design characteristics. According to the classification of Leckholm and Zarb, there are four types of bone that are classified according to their density. They vary from type I bone (compact and dense bone) to type IV (low density bone with thin bone cortex) (6,12). The macroscopic design of implants has also been shown to have a

direct impact on primary stability. This refers for example to the geometry of the thread, the diameter, the length and the profile of the implant platform. These characteristics have an impact on the forces to be used during implant insertion and also on the osseointegration process (14). The aim of this study was to determine the correlation between IT and ISQ. In addition, we sought to relate the ISQ to the different surgical techniques used for implant placement and the different types of implant design in order to identify practices that optimize primary stability in type IV bone.

MATERIALS AND METHODS:

Materials:

An experimental in vitro, cross-sectional, analytical study was performed following the ARRIVE and CONSORT guidelines adapted for in vitro research (15).

It was carried out at the University Dental Clinic of the European University of Valencia between September and November 2024.

The study was approved by the Ethics Committee of the European University of Valencia on 5 November 2024 with CI code: 2024-924.

The inclusion criteria for the experimentation were: 10 mm long implants with a diameter between 4mm and 4.3mm, type IV polyurethane blocks.

The implants were placed by the same operator, a surgeon with more than 10 years of experience and did not receive financial compensation for his participation.

The implants were supplied by Ziacom, Biotech Dental, Phibo, Straumann, and Lyra ETK iBone.

600 osteotomies were performed, divided into three groups of 200 osteotomies each. Each group received implants from each company equally (40 implants per group).

The three groups represented the following:

- Group 1: Osteotomy employing the underdrilling technique, using conventional drills and following each commercial house's surgical protocols for soft bone.
- Group 2: Osteotomy using the osteotome technique. A set of angled osteotomes was used for drilling.
- Group 3: Osteotomy using the osseodensification technique. The sequence of Densah drills specific to each implant was used.

Four polyurethane blocks simulating type IV bone were used, supplied by SawBones, with the following characteristics: 1mm cortical layer and 40mm cancellous portion. The block is rectangular 120mmx170mm with a thickness of 41mm (Fig. 1).

The implants used were as follows: Biotech Kontakt 4.2, Phibo Aurea Evo RP 4.3, Ziacom Galaxy 4, Straumann BLT 4.1 and ETK Lyra iBone 4.3 (Table 1).

Surgical boxes specific to each implant brand, BIOMET 3i angled osteotomes, Densah Burs, contra-angle handpiece and W&H Implantned plus surgical motor were used to place the implants and measure the IT, and the Osstell Beacon system and corresponding SmartPegs were used to measure the ISQ (Fig. 2).

Methods:

Osteotomies were performed on the type IV polyurethane blocks and then the implants were placed using the surgical motor with its contra-angle handpiece without using irrigation. The IT and ISQ were measured. Each measurement was repeated twice for each implant on the four faces: vestibular, palatal, mesial and distal. The values obtained were recorded in an Excel table for further analysis.

Statistical analyses of the data were performed with SPSS 25 using a confidence level of 95%. Results with a p-value of less than 0.05 were considered significant. Pearson's test was used to compare the correlation between IT and ISQ and to compare IT and ISQ values in the three groups, ANOVA tests, Welch's robust comparison tests and Bonferroni and Games-Howell post-hoc tests were performed. The primary study variables were stability index (ISQ) (quantitative numerical variable) and insertion torque (quantitative numerical variable). In addition, other secondary variables were the type of surgical technique used (nominal categorical variable) and the implant design (nominal categorical variable).

Each of the variables was analysed using the SPSS 25 statistical data processing software.

RESULTS:

Correlation between IT and ISQ:

We studied whether there is a correlation between implant stability and the insertion torque used for implant placement (Graph 1). This was analysed in general, without considering the type of implant or the placement technique. Pearson correlation tests

were performed. A p-value of -0.287 was obtained, suggesting a statistically significant correlation between IT and ISQ, which is inverse. This means that as the IT increased, the ISQ value tended to decrease. But this correlation was weak as shown by the coefficient of determination R^2 which was 0.082 indicating that only 8.20% of the ISQ depended on the IT.

Influence of the surgical technique used on ISQ values:

Whether the surgical placement technique influences the ISQ values was also studied. The mean ISQ results obtained for each group were: underdrilling technique was 62.56 ± 0.43 , osteotome technique was 62.00 ± 0.49 and in the case of the DENSHA technique it was 62.03 ± 0.47 . The values of the 3 groups were similar so a one-factor ANOVA test was performed after performing Levene's test for homogeneity of variances ($p = 0.128$) to determine if there were statistically significant differences. A p-value of 0.168 was obtained indicating that the surgical placement technique did not significantly influence the ISQ value (Graph 2).

Influence of implant design on ISQ values:

Whether the type of implant macro-design influences ISQ values was studied. The mean ISQ results obtained for each implant were: ETK the mean ISQ was 64.24 ± 0.41 , for Straumann implants it was 63.02 ± 0.60 , for Phibo implants it was 62.47 ± 0.35 , for Biotech implants it was 58.76 ± 0.60 and for Ziacom implants it was 62.50 ± 0.50 . A Welch's test was performed after the Levene's homogeneity test ($p = < 0.001$) for the comparison of the implants. A p-value of less than 0.001 was obtained, indicating that there were statistically significant differences between at least two of the five implants. A multiple comparison was then performed using the Games-Howell test. It was found that the ISQ values of the ETK brand implants were significantly higher than those of the other brands, as the p-values of the comparison tests were all less than 0.05 and the difference in means (I - J) was positive. The ISQ values of the Biotech brand implants were significantly LOWER than those of the other brands (Graph 3).

DISCUSSION:

This in vitro experiment provided significant evidence about the evaluation of the primary stability of dental implants placed by different surgical techniques (underdrilling, osteotomes, osseodensification) in type IV polyurethane blocks.

Correlation between IT and ISQ:

For many years, the relationship between IT and ISQ has been widely compiled in the literature, although it remains uncertain due to the variability of the results found. In the study by *Açil et al.* (16), no significant correlation was found between these two parameters while in other studies such as *Baldi et al.* (17) and *Romero et al.* (17,18), a direct correlation was obtained. In the present investigation, a weak negative correlation was observed between IT and ISQ ($p = -0.287$ and $r^2 = 0.092$), indicating that the variability in primary stability is not fully explained by IT and ISQ. These results showed that primary stability is influenced by other parameters such as the surgical technique used to place the implant, the type of bone in which the implant is implemented or also the type of implant macro-design.

Previous studies such as that of *da Rocha Ferreira et al.* (7) reported that when the IT is less than 40 Ncm, the relationship between IT and ISQ is more evident. However, in the study by *Baldi et al.* (17), it was found that this correlation disappeared if the torque exceeded 50 Ncm, suggesting that a very high torque value would not necessarily improve the primary stability of the implant.

However, in the study by *Barry et al.* (19), the clinical relevance of the IT and ISQ as indicators of primary stability is questioned because results showed that the two parameters do not always follow a linear relationship.

Influence of the surgical technique used on ISQ values:

The influence that the type of surgical technique employed (underdrilling, osteotomes and osseodensification) could have with primary stability was evaluated. In this study, no significant differences were found ($p = 0.168$) in the ISQ values between the three surgical techniques used, which is in agreement with the results obtained in the study by *Sultana et al.* (20), where they found no clear advantage of osseodensification over the conventional technique in terms of primary stability. However, in the studies by *Mercier et al.* (11) and *Huwais et al.* (10), osseodensification was shown to improve primary stability by helping to preserve bone matrix and accelerate healing by

preserving cells and biochemical substances in the area. Other benefits of osseodensification were observed to be increased insertion torque and bone density as demonstrated by *Abdelwahab et al.* (21) in their study.

Regarding the osteotome technique, some studies, such as *Planinic et al.* (22), showed that this technique improves primary stability compared to the conventional drilling technique.

The variability in the results and the lack of statistically significant differences in the present study suggest that other factors influence primary stability, such as the surgeon's experience, the quality and density of the bone, or the type of implant.

Influence of the implant design used on the ISQ values:

The influence of the type of implant design on the primary stability index was also evaluated. It was observed that the implant macro-design had a significant impact on the ISQ value, with implants placed in soft bone with a pure tapered design, 0.70mm inter-spin distance and a moderate and variable inter-spin depth having the highest ISQ values compared to the other implant types. In contrast, implants with hybrid design, constant thread depth, and 0.60mm inter-spin spacing showed the lowest ISQ values, being significantly lower than those of the other implant types.

In the study by *Al-Tarawneh et al.* (5), it was shown that implants with a cutting and progressive thread had a high ISQ value. This reinforces the findings obtained in this research.

Several studies such as *Lee et al.* (4) and *Wu et al.* (1) found that long implants inserted in good quality bone had higher primary stability, which shows the importance of bone density and implant characteristics. In this investigation all implants were 10mm long. Previous studies such as that of *Comuzzi et al.* (23) suggested that the apical design of the implant influences the primary stability of the implant, in fact, implants with conical apex, such as those used in this study, could be more effective compared to those with cylindrical apex. In the present investigation, implants with a conical or hybrid design were used, so that this characteristic could influence the primary stability of the implant. In fact, the implants with a conical design presented a higher ISQ of 64.24 ± 0.41 while those with a hybrid design presented a lower ISQ of 58.76 ± 0.60 .

As for the implant diameter, it was observed that it also influences primary stability, with larger diameter implants showing better results in the early phases of healing as demonstrated by *Wang et al.* (2).

However, when placing an implant, the implant design is chosen according to several parameters, including bone quality, to optimize both primary and secondary stability (24).

In conclusion, the results of this study suggest that the IT and ISQ have a weak negative correlation, surgical techniques do not significantly influence primary stability, and implants with such characteristics allow for improved primary stability. The IT and ISQ are useful tools for calculating primary implant stability, but they have a complex relationship and are influenced by several factors such as implant design, surgical technique, bone quality and bone density. The results must be interpreted with caution because of the differences in the results obtained in the studies.

Limitations:

The present study has several limitations:

- Type IV polyurethane blocks were used which do not fully replicate the biological and mechanical conditions of human bone which could limit the usefulness of these data at the clinical level.
- The study was performed by a single operator, which could influence the results because each surgeon has different manual skills.
- Biological and clinical factors such as the general health of the patient were not considered, which could affect primary stability.
- Only IT and ISQ were analyzed, but there are other variables to analyze primary stability, and long-term (secondary) stability was not analyzed.

CONCLUSIONS:

Main conclusion: There is a significant negative correlation between IT and ISQ, but that relationship is weak. High insertion torques were observed in the soft bone blocks, which could be explained by a high compression of the material that decreased the ISQ values. It is important to consider that other factors could also influence implant stability, beyond the insertion torque.

Secondary conclusions:

- The surgical placement technique has no significant impact on ISQ.
- The type of implant design has a significant impact on the ISQ. This suggests that implant design could affect implant stability in the bone.

BIBLIOGRAPHY:

1. Wu HC, Huang HL, Fuh LJ, Tsai MT, Hsu JT. Effect of Implant Length and Insertion Depth on Primary Stability of Short Dental Implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023 Jan;38(1):62–70.
2. Wang Y, Wang H, Chen X, Shi Y, Wang Z. Effects of Implant Diameter on Implant Stability and Osseointegration in the Early Stage in a Dog Model. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023 Jul;38(4):757–67.
3. Sunny G, Mishra S, Chowdhary R. Resonance Frequency Analysis to Evaluate the Effect of Different Drilling Techniques on Implant Stability at Different Time Intervals: A Randomized Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Sep;37(5):1055–62.
4. Lee J, Lim YJ, Ahn JS, Kim B, Baek YW, Lim BS. Correlation of two different devices for the evaluation of primary implant stability depending on dental implant length and bone density: An in vitro study. *PLoS One*. 2024 May 1;19(5 May).
5. Al-Tarawneh S, Thalji G, Cooper L. Macrogeometric Differentiation of Dental Implant Primary Stability: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Nov;37(6):1110–8.
6. Fereño-Cáceres A, Vélez-Astudillo R, Bravo-Torres W, Astudillo-Rubio D, Alvarado-Cordero J. Primary stability with osseodensification drilling of dental implants in the posterior maxilla region in humans: A systematic review. *Dent Med Probl*. 2024;61:605–12.
7. Ferreira J, Machado L. Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient: Separate Evaluation and Correlation for Different Clinical Parameters. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jul;37(4):812–22.
8. Cassetta M, Brandetti G, Altieri F. Are the Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient Correlated, and If So, Can Insertion Torque Values Predict Secondary Implant Stability? A Prospective Parallel Cohort Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jan;37(1):135–42.
9. Fontes Pereira J, Costa R, Nunes Vasques M, Salazar F, Mendes JM, Infante da Câmara M. Osseodensification: An Alternative to Conventional Osteotomy in Implant Site Preparation: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2023;12:580–90.
10. Huwais S, Meyer E. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):27–36.
11. Mercier F, Bartala M, Ella B. Evaluation of the Osseodensification Technique in Implant Primary Stability: Study on Cadavers. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 May;37(3):593–600.
12. Yu X, Chang C, Guo W, Wu Y, Zhou W, Yu D. Primary implant stability based on alternative site preparation techniques: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24:580–90.
13. Mello BF, De Carvalho Formiga M, Bianchini MA, Borges I, Coura G, Tumedei M, et al. Insertion Torque (IT) and Implant Stability Quotient (ISQ) Assessment in Dental Implants with and without Healing Chambers: A Polyurethane In Vitro Study. *Appl Sci (Switzerland)*. 2023 Sep 1;13(18).
14. Pérez-Pevida E, Cherro R, Camps O, Piqué N. Effects of Drilling Protocol and Bone Density on the Stability of Implants According to Different Macrogeometries of the Implant Used: Results of an In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020 Sep;35(5):955–64.
15. Krithikadatta J, Gopikrishna V, Datta M. CRIS guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *J Conserv Dent*. 2014;17(4):301–4.
16. Açıl Y, Sievers J, Gülses A, Ayna M, Wiltfang J, Terheyden H. Correlation between resonance frequency, insertion torque and bone-implant contact in self-cutting threaded implants. *Odontology*. 2017 Jul 1;105(3):347–53.
17. Baldi D, Lombardi T, Colombo J, Cervino G, Perinetti G, Di Lenarda R, et al. Correlation between insertion torque and implant stability quotient in tapered implants with knife-edge thread design. *Biomed Res Int*. 2018;2018.
18. Romero M, Herrero-Climent M, Ríos-Carrasco B, Brizuela A, Romero MM, Gil J. Investigation of the Influence of Roughness and Dental Implant Design on Primary Stability via Analysis of Insertion Torque and Implant Stability Quotient: An In Vitro Study. *J Clin Med*. 2023 Jul 1;12(13).
19. Levin B. The Correlation Between Immediate Implant Insertion Torque and Implant Stability Quotient. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2016 Nov;36(6):833–40.
20. Sultana A, Makkar S, Saxena D, Wadhawan A, Kusum C. To compare the stability and crestal bone loss of implants placed using osseodensification and traditional drilling protocol: A clinicoradiographical study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2020 Jan 1;20(1):45–51.
21. Abdelwahab K, Nawwar Alaa, El Khourazaty N. Assessment of primary stability and bone density of maxillary implant overdenture following Osseodensification concept. *Egypt Dent J*. 2022 Jan 1;68(1):955–63.
22. Planinić D, Dubravica I, Šarac Z, Poljak-Guberina R, Celebic A, Bago I, et al. Comparison of different surgical procedures on the stability of dental implants in posterior maxilla: A randomized clinical study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2021 Nov 1;122(5):487–93.
23. Comuzzi L, Tumedei M, Di Pietro N, Romasco T, Montesani L, Piattelli A, et al. Are Implant Threads Important for Implant Stability? An In Vitro Study Using Low-Density Polyurethane Sheets. *Eng*. 2023 Jun 1;4(2):1167–78.
24. Dapirle D. The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023.

FIGURE LEGENDS:

Table 1: Table of macroscopic characteristics of the implants

Figure 1: Polyurethane blocks used for the study.

Figure 2: W&H® surgical motor used to measure the IT

Graph 1: Correlation between the ISQ and the IT

Graph 2: ISQ as a function of the surgical technique used.

Graph 3: ISQ as a function of the implant macro-design used

Conflict of interest: The implants were supplied by Ziacom, Biotech, Straumann, Phibo and Lyra ETK.

Ethics: Universidad Europea de Valencia, on November 5, 2024, with internal code CI: 2024-924.

Source of funding: undeclared

Authors' contribution: undeclared

Table 1: Table of macroscopic characteristics of the implants

	BIOTECH KONTACT	PHIBO AUREA EVO RP	ZIACOM GALAXY 4	STRAUMA NN BLT	ETK LYRA iBONE
Diameter	4,2mm	4,3mm	4mm	4,1mm	4,3mm
Length	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm
Implant shape	Hybrid	Pure conical	Pure conical	Hybrid	Pure conical
Depth of spiral	0,40mm	0,35mm	0,50mm	0,30mm	0,40mm
Distance between loops	0,60mm	0,80mm	0,90mm	0,80mm	0,70mm
Angle threads	4°	8°	5°	20°	6°
Variation in thread depth	Constant variation	Variable variation	Variable variation	Constant variation	Variable variation
Apex design and apical angle	Self- tapping, with sharp apex	Self- tapping, with a sharp apex	Self- tapping, with sharp point	Self- tapping, with a sharp apex	Self- tapping, with tapered design and rounded end
Neck design	Square micro- spires and modified platform	2.0 mm / 1.8 mm micro- spires, modified platform	Micro- spires and modified platform	Micro- spires without modified platform	Machined neck with modified platform

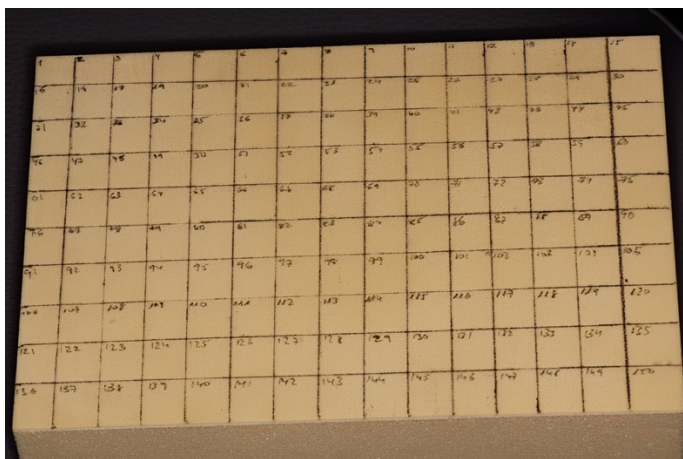


Figure 1: Polyurethane blocks used for the study.

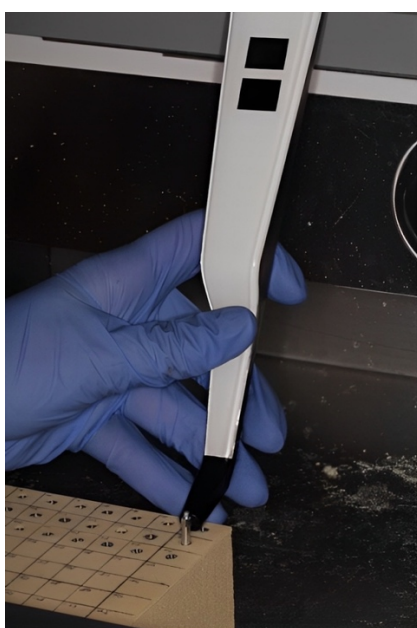
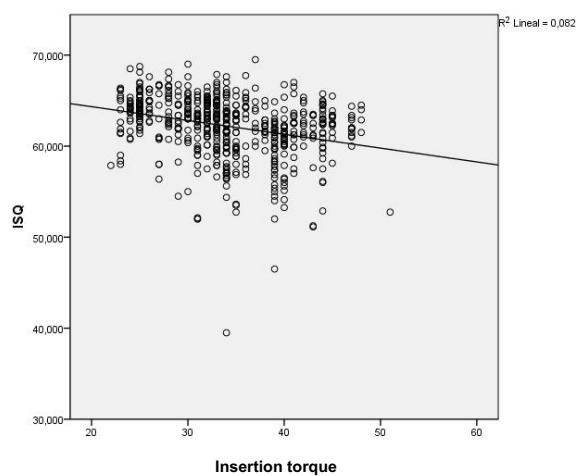
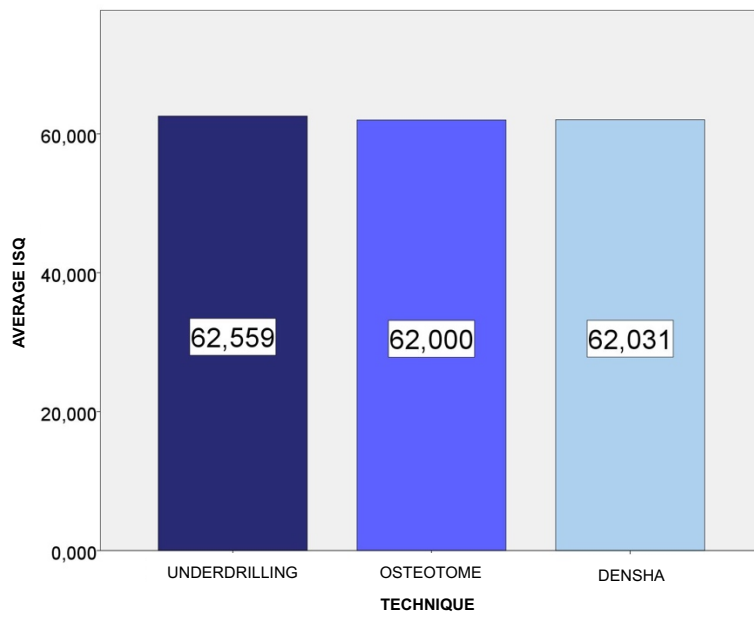


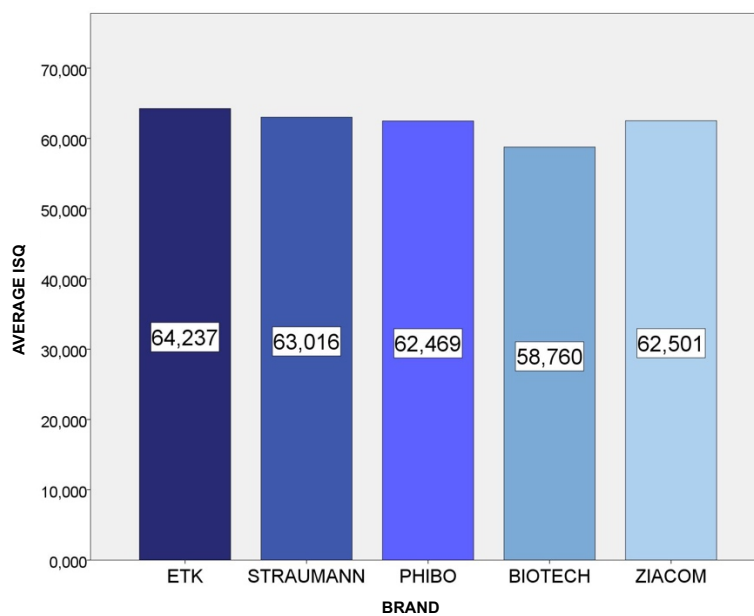
Figure 2: W&H® surgical motor used to measure the IT



Graph 1: Correlation between the ISQ and the IT



Graph 2: ISQ as a function of the surgical technique used.



Graph 3: ISQ as a function of the implant macro-design used

“Relación entre el torque de inserción y el ISQ de 600 implantes colocados en hueso blando con diferentes técnicas quirúrgicas.”

ESTUDIO IN VITRO

Autores:

Clarisse Brunel¹, Sonnica Galan-Gil², Celia Carrillo Garcia³, Sonia Sánchez Carilla⁴

1. *Estudiante de quinto curso de Odontología en la Universidad Europea de Valencia.*
2. *Profesor de la Universidad Europea de Valencia.*
3. *Profesor de la Universidad Europea de Valencia.*
4. *Estudiante de Máster en Implantología en la Universidad Europea de Valencia.*

Autor de correspondencia y reimpresiones

Clarisse Brunel

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia, Spain

brunel.clarisse@gmail.com

+33769409388

PALABRAS CLAVE: Torque de inserción, Osstell, ISQ, Macrodiseno, Osseodensificación, Osteotomos

RESUMEN:

Antecedentes: La estabilidad primaria desempeña un papel muy importante en el éxito de los implantes, ya que está influida por las características óseas, las técnicas quirúrgicas y el diseño del implante. El objetivo de este estudio fue determinar la correlación entre el índice de estabilidad del implante (ISQ) y el torque de inserción (IT) en implantes dentales.

Materiales y métodos: Se realizó un experimento in vitro, transversal y analítico. Para el estudio se utilizaron bloques de poliuretano que simulaban hueso tipo IV, en los que se colocaron implantes dentales de 5 empresas comerciales diferentes. Se realizaron 600 osteotomías, divididas en tres grupos de 200 muestras cada uno. Los 3 grupos correspondían a tres técnicas quirúrgicas diferentes: infrafresado, osteótomos y oseodensificación. En cada grupo se distribuyeron por igual implantes de las cinco marcas. Se midieron el ISQ y el IT.

Resultados: Se obtuvo una relación inversa entre IT e ISQ, lo que significa que a mayor torque de inserción, menor ISQ. Esta relación entre las 2 variables fue débil. Además, no hubo pruebas estadísticas de que los valores de ISQ de los tres grupos de técnicas quirúrgicas fueran significativamente diferentes. En cuanto al análisis del macrodiseno de los implantes, se observó que los implantes con diseño cónico y espiras de profundidad variable presentaban un ISQ significativamente mayor que los de diseño híbrido y espiras de profundidad constante.

Conclusiones: La correlación entre IT e ISQ es inversa, pero la relación es débil. Se observaron pares de inserción elevados en los bloques de hueso blando, lo que podría explicarse por una elevada compresión del material que disminuyó los valores de ISQ. La técnica quirúrgica de colocación no influye significativamente en la estabilidad primaria, pero sí el tipo de macrodiseno del implante.

INTRODUCCIÓN:

Los implantes dentales ofrecen una solución funcional y estética para la rehabilitación de dientes ausentes. Desde su descubrimiento, los implantes han evolucionado enormemente, tanto en las técnicas de diagnóstico y colocación quirúrgica como en los materiales utilizados, lo que ha permitido mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes (1-3). La estabilidad primaria es un concepto crucial para el éxito a largo plazo de los implantes dentales. Se refiere a la capacidad del implante para permanecer fijo en el hueso justo después de su colocación, antes de que se produzca la osteointegración (4,5). Existen varias pruebas para medir la estabilidad primaria, como las que miden el torque de inserción vertical (IT) o las que miden el índice de estabilidad primaria (ISQ). El IT mide la resistencia del hueso a la inserción del implante y proporciona información sobre la densidad ósea y la estabilidad inicial. Un torque de entre 32 y 35 newtons/centímetros indica una estabilidad primaria adecuada para la carga inmediata. Por otro lado, el ISQ mide la frecuencia de resonancia del implante, que está relacionada con la estabilidad del implante en el hueso, y se considera que un ISQ entre 60 y 65 es suficiente para permitir la carga inmediata del implante. El ISQ tiene la ventaja de que puede utilizarse para controlar la estabilidad del implante durante el proceso de osteointegración (6-8). Las técnicas quirúrgicas utilizadas para preparar el lecho implantario también influyen en el éxito de la estabilidad primaria. La primera técnica utilizada se denomina técnica sustractiva, también conocida como técnica de fresado convencional, que consiste en crear el espacio necesario en el hueso para el implante (9). Sin embargo, más recientemente han surgido nuevas técnicas quirúrgicas. Por un lado, está la técnica propuesta por Summers, que utiliza instrumentos diseñados para cortar y esculpir con precisión el hueso para crear el lecho óseo denso, conocida como técnica del osteótomo (10). Por otro lado, también existe la técnica de oseodensificación, que consiste en utilizar fresas especiales que permiten compactar el hueso con un movimiento contrario a las agujas del reloj durante el fresado. Esto aumenta la densidad ósea del lecho implantario a la vez que crea espacio para su colocación, mejorando así la estabilidad primaria (10,11). La estabilidad primaria también está muy influenciada por la densidad y la calidad del hueso maxilar (12,13). Existe una gran variabilidad en la densidad ósea, lo que repercutirá directamente en la elección de la técnica quirúrgica y en el tipo de implante a elegir en cuanto a sus características de macrodiseño. Según la clasificación de Leckholm y Zarb, existen cuatro tipos de hueso

que se clasifican en función de su densidad. Van desde el hueso tipo I (hueso compacto y denso) hasta el tipo IV (hueso de baja densidad con cortical ósea fina) (6,12). También se ha demostrado que el diseño macroscópico de los implantes influye directamente en la estabilidad primaria. Se trata, por ejemplo, de la geometría de la rosca, el diámetro, la longitud y el perfil de la plataforma del implante. Estas características repercuten en las fuerzas que deben emplearse durante la inserción del implante y también en el proceso de osteointegración (14). El objetivo de este estudio era determinar la correlación entre el IT y el ISQ. Además, se buscó relacionar el ISQ con las diferentes técnicas quirúrgicas utilizadas para la colocación de implantes y los diferentes tipos de diseño de implantes, con el fin de identificar las prácticas que optimizan la estabilidad primaria en el hueso tipo IV.

MATERIALES Y METODOS:

Materiales:

Se realizó un estudio experimental in vitro, transversal y analítico siguiendo las guías ARRIVE y CONSORT adaptadas para la investigación in vitro (15).

Se llevó a cabo en la Clínica Universitaria de Odontología de la Universidad Europea de Valencia entre septiembre y noviembre de 2024.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Europea de Valencia el 5 de noviembre de 2024 con código CI: 2024-924.

Los criterios de inclusión para la experimentación fueron implantes de 10 mm de longitud con un diámetro entre 4 mm y 4,3 mm, bloques de poliuretano tipo IV.

Los implantes fueron colocados por el mismo operador, un cirujano con más de 10 años de experiencia y que no recibió compensación económica por su participación.

Los implantes fueron suministrados por Ziacom, Biotech Dental, Phibo, Straumann y Lyra ETK iBone.

Se realizaron 600 osteotomías, divididas en tres grupos de 200 osteotomías cada uno. Cada grupo recibió implantes de cada empresa por igual (40 implantes por grupo).

Los tres grupos representaban lo siguiente:

-Grupo 1: Osteotomía empleando la técnica de infrafresado, utilizando fresas convencionales y siguiendo los protocolos quirúrgicos de cada casa comercial para hueso blando.

-Grupo 2: Osteotomía empleando la técnica del osteótomo. Se utilizó un juego de osteótomos angulados para la perforación.

-Grupo 3: Osteotomía mediante la técnica de oseodensificación. Se utilizó la secuencia de fresas Densah específica para cada implante.

Se utilizaron cuatro bloques de poliuretano simulando hueso tipo IV, suministrados por SawBones, con las siguientes características: Capa cortical de 1mm y porción esponjosa de 40mm. El bloque es rectangular 120mmx170mm con un espesor de 41mm (Fig. 1).

Los implantes utilizados fueron los siguientes Biotech Kontakt 4.2, Phibo Aurea Evo RP 4.3, Ziacom Galaxy 4, Straumann BLT 4.1 y ETK Lyra iBone 4.3 (Tabla 1).

Para colocar los implantes y medir el IT se utilizaron cajas quirúrgicas específicas para cada marca de implante, osteótomos angulados BIOMET 3i, fresas Densah, contraángulo y motor quirúrgico W&H Implantned plus, y para medir el ISQ se utilizó el sistema Osstell Beacon y los correspondientes SmartPegs (Fig. 2).

Metodos:

Se realizaron osteotomías en los bloques de poliuretano de tipo IV y, a continuación, se colocaron los implantes utilizando el motor quirúrgico con su contraángulo sin utilizar irrigación. Se midieron el IT y el ISQ. Cada medición se repitió dos veces para cada implante en las cuatro caras: vestibular, palatina, mesial y distal. Los valores obtenidos se registraron en una tabla de Excel para su posterior análisis.

Los análisis estadísticos de los datos se realizaron con SPSS 25 utilizando un nivel de confianza del 95%. Los resultados con un valor p inferior a 0,05 se consideraron significativos. Se utilizó la prueba de Pearson para comparar la correlación entre IT e ISQ y para comparar los valores de IT e ISQ en los tres grupos, se realizaron pruebas ANOVA, pruebas de comparación robustas de Welch y pruebas post-hoc de Bonferroni y Games-Howell. Las variables primarias del estudio fueron el índice de estabilidad (ISQ) (variable numérica cuantitativa) y el par de inserción (variable numérica cuantitativa). Además, otras variables secundarias fueron el tipo de técnica quirúrgica utilizada (variable categórica nominal) y el diseño del implante (variable categórica nominal).

Cada una de las variables se analizó mediante el programa informático de tratamiento estadístico de datos SPSS 25.

RESULTADOS:

Correlación entre IT e ISQ:

Se estudió si existe correlación entre la estabilidad del implante y el torque de inserción utilizado para su colocación (Gráf. 1). Se analizó de forma general, sin tener en cuenta el tipo de implante ni la técnica de colocación. Se realizaron pruebas de correlación de Pearson. Se obtuvo un valor p de -0,287, lo que sugiere una correlación estadísticamente significativa entre el IT y el ISQ, que es inversa. Esto significa que a medida que aumentaba el IT, el valor del ISQ tendía a disminuir. Pero esta correlación era débil, como muestra el coeficiente de determinación R², que fue de 0,082, lo que indica que sólo el 8,20% del ISQ dependía del IT.

Influencia de la técnica quirúrgica utilizada en los valores ISQ:

También se estudió si la técnica quirúrgica de colocación influye en los valores ISQ. Los resultados medios del ISQ obtenidos para cada grupo fueron: la técnica infrafresado fue de $62,56 \pm 0,43$, la técnica con osteótomo fue de $62,00 \pm 0,49$ y en el caso de la técnica DENSHA fue de $62,03 \pm 0,47$. Los valores de los 3 grupos eran similares, por lo que se realizó una prueba ANOVA de un factor tras realizar la prueba de Levene de homogeneidad de varianzas ($p= 0,128$) para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas. Se obtuvo un valor p de 0,168 que indicaba que la técnica de colocación quirúrgica no influía significativamente en el valor ISQ (Gráf. 2).

Influencia del diseño del implante en los valores ISQ:

Se estudió si el tipo de macrodiseño del implante influye en los valores ISQ. Los resultados ISQ medios obtenidos para cada implante fueron: ETK el ISQ medio fue de $64,24 \pm 0,41$, para los implantes Straumann fue de $63,02 \pm 0,60$, para los implantes Phibo fue de $62,47 \pm 0,35$, para los implantes Biotech fue de $58,76 \pm 0,60$ y para los implantes Ziacom fue de $62,50 \pm 0,50$. Se realizó una prueba de Welch después de la prueba de homogeneidad de Levene ($p= < 0,001$) para la comparación de los implantes. Se obtuvo un valor p inferior a 0,001, lo que indicaba que existían

diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de los cinco implantes. A continuación, se realizó una comparación múltiple mediante la prueba de Games-Howell. Se comprobó que los valores ISQ de los implantes de la marca ETK eran significativamente superiores a los de las demás marcas, ya que los valores p de las pruebas de comparación eran todos inferiores a 0,05 y la diferencia de medias (I - J) era positiva.

Los valores ISQ de los implantes de la marca Biotech son significativamente inferiores a los de las demás marcas (Gráf. 3).

DISCUSSION:

Este experimento in vitro aportó pruebas significativas sobre la evaluación de la estabilidad primaria de los implantes dentales colocados mediante diferentes técnicas quirúrgicas (infráfresado, osteótomos, oseodensificación) en bloques de poliuretano de tipo IV.

Correlación entre IT e ISQ

Durante muchos años, la relación entre IT e ISQ ha sido ampliamente recopilada en la literatura, aunque sigue siendo incierta debido a la variabilidad de los resultados encontrados. En el estudio de *Açil et al.* (16), no se encontró una correlación significativa entre estos dos parámetros, mientras que en otros estudios como los de *Baldi et al.* (17) y *Romero et al.* (17,18), se obtuvo una correlación directa. En la presente investigación, se observó una correlación negativa débil entre el IT y el ISQ ($p = -0,287$ y $r^2 = 0,092$), lo que indica que la variabilidad de la estabilidad primaria no se explica totalmente por el IT y el ISQ. Estos resultados demostraron que la estabilidad primaria se ve influida por otros parámetros como la técnica quirúrgica utilizada para colocar el implante, el tipo de hueso en el que se implanta o también el tipo de macrodiseño del implante.

Estudios anteriores como el de *da Rocha Ferreira et al.* (7) informaron de que cuando el IT es inferior a 40 Ncm, la relación entre IT e ISQ es más evidente. Sin embargo, en el estudio de *Baldi et al.* (17), se constató que esta correlación desaparecía si el torque superaba los 50 Ncm, sugiriendo que un valor de torque muy elevado no mejoraría necesariamente la estabilidad primaria del implante.

Sin embargo, en el estudio de *Barry et al.* (19), se cuestiona la relevancia clínica del IT y el ISQ como indicadores de la estabilidad primaria, ya que los resultados mostraron que los dos parámetros no siempre siguen una relación lineal.

Influencia de la técnica quirúrgica empleada en los valores ISQ:

Se evaluó la influencia que el tipo de técnica quirúrgica empleada (infracresado, osteótomos y oseodensificación) podría tener con la estabilidad primaria. En este estudio, no se encontraron diferencias significativas ($p= 0,168$) en los valores ISQ entre las tres técnicas quirúrgicas empleadas, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el estudio de *Sultana et al.* (20), donde no encontraron ninguna ventaja clara de la oseodensificación sobre la técnica convencional en términos de estabilidad primaria. Sin embargo, en los estudios de *Mercier et al.* (11) y *Huwais et al.* (10), se demostró que la oseodensificación mejoraba la estabilidad primaria al ayudar a conservar la matriz ósea y acelerar la cicatrización al preservar las células y las sustancias bioquímicas de la zona. Otros beneficios de la oseodensificación fueron el aumento del par de inserción y de la densidad ósea, como demostraron *Abdelwahab et al.* (21) en su estudio.

En cuanto a la técnica del osteótomo, algunos estudios, como el de *Planinic et al.* (22), demostraron que esta técnica mejora la estabilidad primaria en comparación con la técnica de fresado convencional.

La variabilidad de los resultados y la falta de diferencias estadísticamente significativas en el presente estudio sugieren que hay otros factores que influyen en la estabilidad primaria, como la experiencia del cirujano, la calidad y densidad del hueso o el tipo de implante.

Influencia del diseño del implante utilizado en los valores del ISQ:

También se evaluó la influencia del tipo de diseño del implante en el índice de estabilidad primaria. Se observó que el macrodiseño del implante tenía un impacto significativo en el valor ISQ, siendo los implantes colocados en hueso blando con un diseño cónico puro, una distancia entre espiras de 0,70 mm y una profundidad entre espiras moderada y variable los que presentaban los valores ISQ más elevados en comparación con los demás tipos de implantes. Por el contrario, los implantes con diseño híbrido, profundidad de rosca constante y distancia entre espiras de 0,60 mm

mostraron los valores ISQ más bajos, siendo significativamente inferiores a los de los demás tipos de implantes.

En el estudio de *Al-Tarawneh et al.* (5), se demostró que los implantes con rosca cortante y progresiva presentaban un valor ISQ elevado. Esto refuerza los resultados obtenidos en esta investigación.

Varios estudios, como *Lee et al.* (4) y *Wu et al.* (1), descubrieron que los implantes largos insertados en hueso de buena calidad presentaban una mayor estabilidad primaria, lo que demuestra la importancia de la densidad ósea y las características del implante. En esta investigación todos los implantes tenían una longitud de 10 mm. Estudios anteriores como el de *Comuzzi et al.* (23) sugirieron que el diseño apical del implante influye en la estabilidad primaria del mismo, de hecho, los implantes con ápice cónico, como los utilizados en este estudio, podrían ser más eficaces en comparación con los de ápice cilíndrico. En la presente investigación se utilizaron implantes con un diseño cónico o híbrido, por lo que esta característica podría influir en la estabilidad primaria del implante. De hecho, los implantes con diseño cónico presentaron un ISQ superior de $64,24 \pm 0,41$, mientras que los de diseño híbrido presentaron un ISQ inferior de $58,76 \pm 0,60$.

En cuanto al diámetro del implante, se observó que también influye en la estabilidad primaria, presentando los implantes de mayor diámetro mejores resultados en las primeras fases de cicatrización, como demostraron *Wang et al.* (2).

Sin embargo, a la hora de colocar un implante, el diseño del mismo se elige en función de varios parámetros, incluida la calidad ósea, para optimizar tanto la estabilidad primaria como la secundaria (24).

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que el IT y el ISQ tienen una correlación negativa débil, las técnicas quirúrgicas no influyen significativamente en la estabilidad primaria y los implantes con dichas características permiten mejorar la estabilidad primaria. El IT y el ISQ son herramientas útiles para calcular la estabilidad primaria de los implantes, pero tienen una relación compleja y están influidos por varios factores, como el diseño del implante, la técnica quirúrgica, la calidad y la densidad óseas. Los resultados deben interpretarse con cautela debido a las diferencias en los resultados obtenidos en los estudios.

Limitaciones:

El presente estudio tiene varias limitaciones:

- Se utilizaron bloques de poliuretano de tipo IV que no reproducen totalmente las condiciones biológicas y mecánicas del hueso humano, lo que podría limitar la utilidad de estos datos a nivel clínico.
- El estudio fue realizado por un solo operador, lo que podría influir en los resultados, ya que cada cirujano tiene diferentes habilidades manuales.
- No se tuvieron en cuenta factores biológicos y clínicos como la salud general del paciente, que podrían afectar a la estabilidad primaria.
- Sólo se analizaron el IT y el ISQ, pero existen otras variables para analizar la estabilidad primaria, y no se analizó la estabilidad a largo plazo (secundaria).

CONCLUSIONES:

Conclusión principal: Existe una correlación negativa significativa entre IT e ISQ, pero dicha relación es débil. Se observaron pares de inserción elevados en los bloques de hueso blando, lo que podría explicarse por una elevada compresión del material que disminuyó los valores de ISQ. Es importante considerar que otros factores también podrían influir en la estabilidad del implante, más allá del torque de inserción.

Conclusiones secundarias:

- La técnica quirúrgica de colocación no tiene un impacto significativo en el ISQ.
- El tipo de diseño del implante tiene un impacto significativo en el ISQ. Esto sugiere que el diseño del implante podría afectar a su estabilidad en el hueso.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Wu HC, Huang HL, Fuh LJ, Tsai MT, Hsu JT. Effect of Implant Length and Insertion Depth on Primary Stability of Short Dental Implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023 Jan;38(1):62–70.
2. Wang Y, Wang H, Chen X, Shi Y, Wang Z. Effects of Implant Diameter on Implant Stability and Osseointegration in the Early Stage in a Dog Model. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023 Jul;38(4):757–67.
3. Sunny G, Mishra S, Chowdhary R. Resonance Frequency Analysis to Evaluate the Effect of Different Drilling Techniques on Implant Stability at Different Time Intervals: A Randomized Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Sep;37(5):1055–62.
4. Lee J, Lim YJ, Ahn JS, Kim B, Baek YW, Lim BS. Correlation of two different devices for the evaluation of primary implant stability depending on dental implant length and bone density: An in vitro study. *PLoS One*. 2024 May 1;19(5 May).
5. Al-Tarawneh S, Thalji G, Cooper L. Macrogeometric Differentiation of Dental Implant Primary Stability: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Nov;37(6):1110–8.
6. Fereño-Cáceres A, Vélez-Astudillo R, Bravo-Torres W, Astudillo-Rubio D, Alvarado-Cordero J. Primary stability with osseodensification drilling of dental implants in the posterior maxilla region in humans: A systematic review. *Dent Med Probl*. 2024;61:605–12.
7. Ferreira J, Machado L. Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient: Separate Evaluation and Correlation for Different Clinical Parameters. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jul;37(4):812–22.
8. Cassetta M, Brandetti G, Altieri F. Are the Insertion Torque Value and Implant Stability Quotient Correlated, and If So, Can Insertion Torque Values Predict Secondary Implant Stability? A Prospective Parallel Cohort Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 Jan;37(1):135–42.
9. Fontes Pereira J, Costa R, Nunes Vasques M, Salazar F, Mendes JM, Infante da Câmara M. Osseodensification: An Alternative to Conventional Osteotomy in Implant Site Preparation: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2023;12:580–90.
10. Huwais S, Meyer E. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):27–36.
11. Mercier F, Bartala M, Ella B. Evaluation of the Osseodensification Technique in Implant Primary Stability: Study on Cadavers. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 May;37(3):593–600.
12. Yu X, Chang C, Guo W, Wu Y, Zhou W, Yu D. Primary implant stability based on alternative site preparation techniques: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24:580–90.
13. Mello BF, De Carvalho Formiga M, Bianchini MA, Borges I, Coura G, Tumedei M, et al. Insertion Torque (IT) and Implant Stability Quotient (ISQ) Assessment in Dental Implants with and without Healing Chambers: A Polyurethane In Vitro Study. *Appl Sci (Switzerland)*. 2023 Sep 1;13(18).
14. Pérez-Pevida E, Cherro R, Camps O, Piqué N. Effects of Drilling Protocol and Bone Density on the Stability of Implants According to Different Macrogeometries of the Implant Used: Results of an In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020 Sep;35(5):955–64.
15. Krithikadatta J, Gopikrishna V, Datta M. CRIS guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *J Conserv Dent*. 2014;17(4):301–4.
16. Açıl Y, Sievers J, Gülses A, Ayna M, Wiltfang J, Terheyden H. Correlation between resonance frequency, insertion torque and bone-implant contact in self-cutting threaded implants. *Odontology*. 2017 Jul 1;105(3):347–53.
17. Baldi D, Lombardi T, Colombo J, Cervino G, Perinetti G, Di Lenarda R, et al. Correlation between insertion torque and implant stability quotient in tapered implants with knife-edge thread design. *Biomed Res Int*. 2018;2018.
18. Romero M, Herrero-Climent M, Ríos-Carrasco B, Brizuela A, Romero MM, Gil J. Investigation of the Influence of Roughness and Dental Implant Design on Primary Stability via Analysis of Insertion Torque and Implant Stability Quotient: An In Vitro Study. *J Clin Med*. 2023 Jul 1;12(13).
19. Levin B. The Correlation Between Immediate Implant Insertion Torque and Implant Stability Quotient. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2016 Nov;36(6):833–40.
20. Sultana A, Makkar S, Saxena D, Wadhawan A, Kusum C. To compare the stability and crestal bone loss of implants placed using osseodensification and traditional drilling protocol: A clinicoradiographical study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2020 Jan 1;20(1):45–51.
21. Abdelwahab K, Nawwar Alaa, El Khourazaty N. Assessment of primary stability and bone density of maxillary implant overdenture following Osseodensification concept. *Egypt Dent J*. 2022 Jan 1;68(1):955–63.
22. Planinić D, Dubravica I, Šarac Z, Poljak-Guberina R, Celebic A, Bago I, et al. Comparison of different surgical procedures on the stability of dental implants in posterior maxilla: A randomized clinical study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2021 Nov 1;122(5):487–93.
23. Comuzzi L, Tumedei M, Di Pietro N, Romasco T, Montesani L, Piattelli A, et al. Are Implant Threads Important for Implant Stability? An In Vitro Study Using Low-Density Polyurethane Sheets. *Eng*. 2023 Jun 1;4(2):1167–78.
24. Daprile D. The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023.

LEYENDAS DE LAS FIGURAS:

Tabla 1: Tabla de características macroscópicas de los implantes.

Figura 1: Bloques de poliuretano utilizados para el estudio.

Figura 2: Motor quirúrgico W&H® utilizado para medir el IT

Gráfico 1: Correlación entre el ISQ y el IT

Gráfico 2: ISQ en función de la técnica quirúrgica utilizada.

Gráfico 3: ISQ en función del macrodiseño de implante utilizado

Conflicto de intereses: Los implantes fueron suministrados por Ziacom, Biotech, Straumann, Phibo y Lyra ETK.

Ética: Universidad Europea de Valencia, el 5 de noviembre de 2024, con código interno CI: 2024-924.

Fuente de financiación: no declarada

Contribución de los autores: no declarada

TABLA 1: Tabla de las características macroscópicas de los implantes

	BIOTECH KONTACT	PHIBO AUREA EVO RP	ZIACOM GALAXY 4	STRAUMANN BLT	ETK LYRA iBONE
Diámetro	4,2mm	4,3mm	4mm	4,1mm	4,3mm
Longitud	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm
Forma del implante	Híbrido	Cónico puro	Cónico puro	Cónico puro	Cónico puro
Profundidad de la espira	0,40mm (variable más profunda en tercio apical)	0,35mm	0,50mm	0,30mm	0,40mm
Distancia entre espiras	0,60mm	0,80mm	0,90mm	0,80mm	0,70mm
Angulo de las espiras	4°	8°	5°	20°	6°
Variación en la profundidad de la rosca	Variación constante	Variación variable	Variación variable	Variación constante	Variación variable
Diseño del ápice y ángulo apical	Autorroscante, con espiras afiladas	Autorroscante, con ápice afilado	Autorroscante, con punta afilada	Autorroscante, con ápice afilado	Autorroscante, con un diseño cónico y extremo redondeado
Diseño del cuello	Microespiras cuadradas y plataforma modificada	Microespiras de 2.0 mm / 1.8 mm. Plataforma modificada.	Microespiras plataforma modificada	Plataforma modificada, sin microespiras.	Cuello mecanizado con plataforma modificada

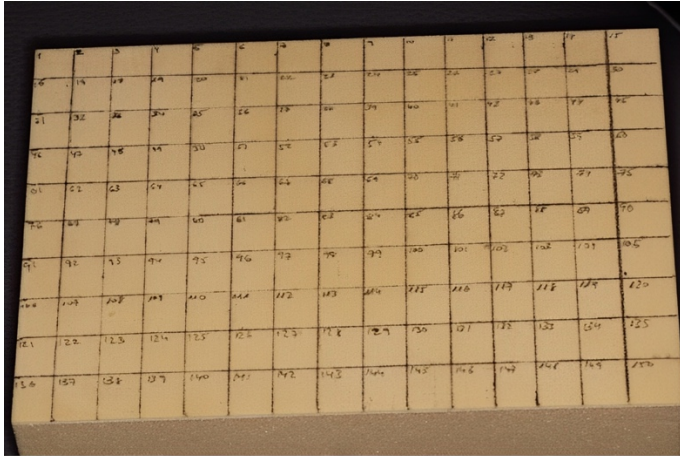


Figura 1: Bloques de poliuretano utilizados para el estudio.



Figura 2: Motor quirúrgico W&H® utilizado para medir el IT

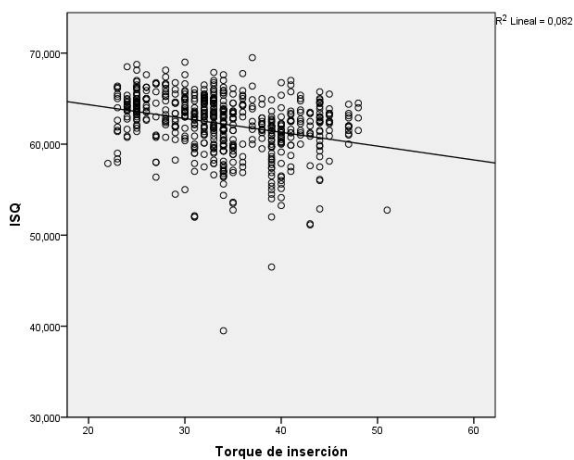


Gráfico 1: Correlación entre el ISQ y el IT

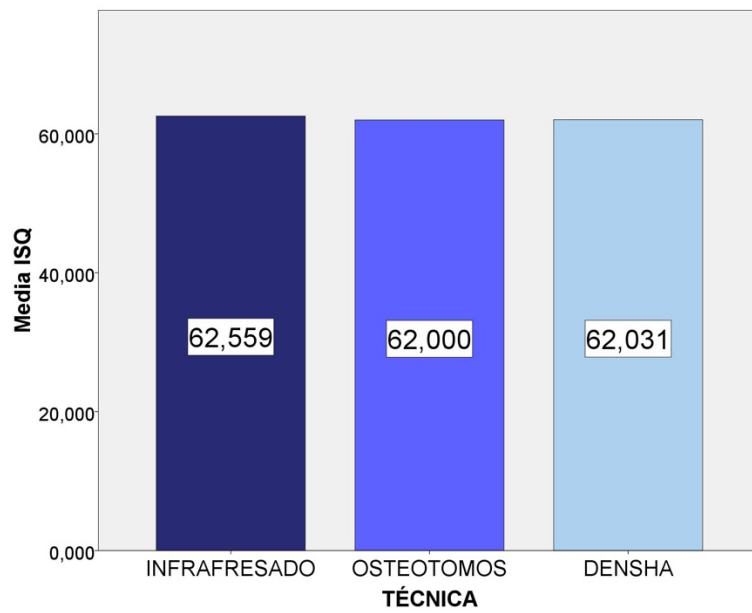


Gráfico 2: ISQ en función de la técnica quirúrgica utilizada.

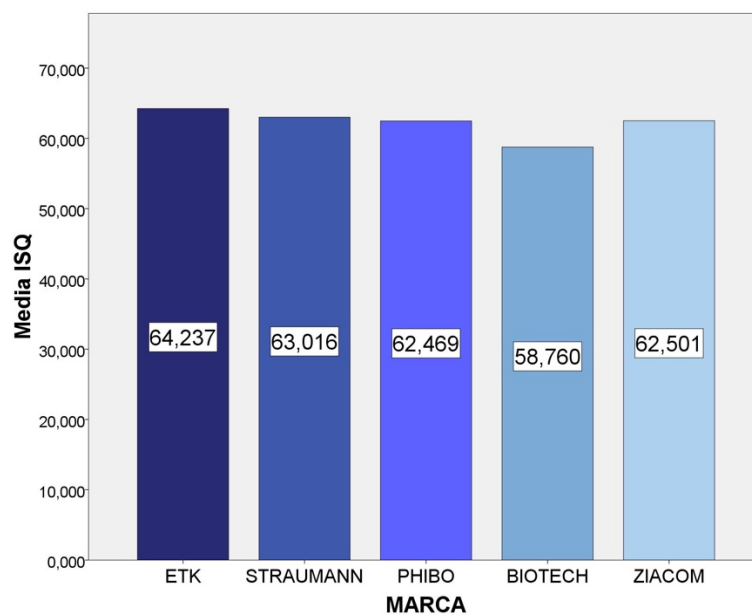


Gráfico 3: ISQ en función del macrodiseño de implante utilizado